R. MARCOLONGO

LEONARDO DA VINCI
ARTISTA - SCIENZIATO

sedici figure e diciotto tavole fuori testo

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

...SCISMO

...I DEL REGIME

... L. Contu

...I

...SARE

...NY

...ERRA?

...LI

...UAGGIO

... FORMA

...SICA

GIUSEPPE COLOSI

ORGANISMI E VITA

J. EVOLA

IL MITO DEL SANGUE

GINO SEVERINI

RAGIONAMENTI SULLE ARTI FIGURATIVE

G. S. SPINETTI

MISTICA FASCISTA

VITTORIO GORRESIO

I GIOVANI D'EUROPA

EMILIO CECCHI

PITTURA ITALIANA DELL'OTTOCENTO

GINO LORIA

GALILEO GALILEI

UGO D'ANDREA

MUSSOLINI, MOTORE DEL SECOLO

MARIA LUISA GENGARO

ARCHITETTURA

ROBERTO MARCOLONGO

LEONARDO DA VINCI, ARTISTA-SCIENZIATO

COLLEZIONE HOEPLI

LEONARDO DA VINCI
ARTISTA - SCIENZIATO

A Giovanni Gentile
ultimo ricordo di
R. Marcolongo

14. VI. 939

COLLEZIONE HOEPLI

Questa raccolta, che vuole aderire strettamente al tempo di Mussolini, allinea i suoi eleganti e sobri volumi di seguito alle due serie — le quali continueranno ad accrescersi ed a rispondere alle necessità per le quali furono create — dei Manuali e dei trattati della Biblioteca Tecnica, gli uni intesi alla formazione autodidattica od alla consultazione, gli altri all'inizio ed al perfezionamento di un coordinato studio tecnico scientifico.

I volumi della Collezione Hoepli — meno utilitari ma ricchi di nutrimenti spirituali — vanno annoverati piú propriamente fra i Saggi che hanno nel nostro Paese lontana e nobilissima tradizione: e al pari dei Saggi classici possono cogliere tutte o solo alcune parti di un determinato argomento particolare o generale, ponendo all'oggetto della scrittura inattese o inusate prospettive, sempre personali e talvolta anche polemiche.

Sintesi vissute e dichiarate da artisti, pensatori, politici e scienziati che partecipano cordialmente della realtà, delle aspirazioni e dei problemi del nostro tempo — questi libri non saranno però aridi tessuti di nozioni e di dati; ma interpretazioni quant'è possibile attuali ed orientamenti, maturatisi nella mente dei singoli autori attraverso una decisa e conclusiva esperienza, capaci di offrire amichevole sussidio agli esperti d'una disciplina che vogliano rivivere le ansie degli studiosi d'altri settori della vita e del sapere.

L'intento divulgatore della Collezione è, cosí, evidente; ma sarà divulgazione dignitosa e fedele, in uno stile semplice e pure non piatto, senza pedanterie scolastiche e senza banali facilità.

Architettando la Collezione abbiamo voluto servire ancora il proposito di assecondare in ogni tempo le esigenze della cultura italiana, al quale diamo da cinquant'anni il meglio di noi stessi, oggi all'entusiasmo che sorrise al primo Manuale. E la nuova raccolta avrà senza dubbio il suo inconfondibile pubblico e la sua non inutile fortuna.

Novembre XIII

ROBERTO MARCOLONGO

LEONARDO DA VINCI ARTISTA - SCIENZIATO

sedici figure e diciotto tavole fuori testo

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO
1939-XVII

AI MIEI FIGLI

INDICE

PREFAZIONE

Letterati, *artisti, critici e storici dell'arte hanno scritto molti pregevolissimi volumi su Leonardo artista eccelso; in minor numero, dotti di ogni paese hanno discorso di Leonardo promotore e precursore di ogni scienza; infine pochissimi sono coloro che hanno considerato il geniale artista-scienziato nella sua intera enciclopedica produzione: citiamo soltanto il saggio del Govi del 1872, sempre oltre ogni dire interessante, e il recente articolo dell'*Enciclopedia italiana.

Il presente volumetto, frutto di lunga se non esauriente preparazione, di molti anni di studi e di grande amore pel genio di Leonardo, che vede la luce nel momento in cui la nuova Italia si appresta ad onorare ben degnamente in Milano il grande italiano; vuole appunto presentare la figura di Leonardo in tutta la sua poliedrica attività artistica e scientifica, nel turbinoso periodo del superbo Rinascimento italiano.

Dedicati i primi quattro capitoli a fissare i principali eventi della sua vita, la storia delle sue pitture e sculture e delle sue scoperte scientifiche; dopo aver accennato ai caratteri della sua arte, in cui fu eccelso;

riassunte le fortunose vicende dei suoi manoscritti, ho svolto nella seconda metà del volume, in breve, ma credo completa, sintesi, tutte le ricerche scientifiche vinciane.

E mi sono sforzato di presentare una esposizione piana e non troppo tecnica, lontana da formule e da nebulose astrazioni, accessibile, cosí mi auguro, ad ogni persona colta. Ho naturalmente fatto tesoro di tutto il contributo arrecato dagli studiosi di tutto il mondo agli studî vinciani e soprattutto di quello ricchissimo degli italiani.

Se le mie forze non corrisposero all'alta e gravosa impresa, se questo volumetto farà almeno nascere il desiderio di conoscerne uno migliore e invoglierà altri piú giovani e piú valorosi a far opera piú degna e profonda, io riterrò che il mio lungo e faticoso lavoro non sia stato del tutto vano.

ROBERTO MARCOLONGO

Roma, aprile 1939 [*XVII E. F.*]

Casa di Leonardo in Anchiano

CAPITOLO I

NELL'ATENE ITALIANA DEL RINASCIMENTO

Le arti, le lettere e lo Studio fiorentino nel secolo XV. I Medici. Leonardo nella bottega del Verrocchio. Sue prime pitture e ricerche scientifiche.

INIZIANDO la storia della letteratura italiana dalla metà del 1400 ai primi del 1500, il diligentissimo e dottissimo Tiraboschi scriveva: « Eccoci finalmente giunti a quel secolo di cui non credo v'abbia il piú glorioso nella storia della letteratura italiana ». E possiamo anche includere le arti belle e, se non in primissima linea, anche le scienze; per essere piú esatti in quel secolo s'inizia il rinnovamento delle scienze.

È il secolo dell'Umanesimo, della stampa, delle grandi scoperte geografiche, della risurrezione delle opere dell'antichità classica, dei grandi papi umanisti, delle signorie e, sventuratamente, della perdita della indipendenza politica della nostra patria. È il secolo di Leonardo! Le vicende della sua vita, tutta la sua prodigiosa attività di artista-scienziato non possono comprendersi appieno senza gettare uno sguardo d'insieme, panoramico, sulle vicende politiche e sulle

condizioni sociali e culturali di quel turbinoso e pur cosí meraviglioso periodo, che va appunto dalla metà del Quattrocento ai primi del Cinquecento.

La grande rivoluzione morale e religiosa del secolo XIII, di cui San Francesco è il piú eccelso rappresentante, quasi contemporanea con quella politica e sociale della nascita e dello sviluppo dei gloriosi liberi comuni, trionfanti nella lotta del popolo artigiano e della classe colta dedita ai commerci, contro la tirannide e la barbarie feudale, quasi sempre di origine straniera, aveva avuto il suo naturale contraccolpo nello sviluppo portentoso delle repubbliche marinare, nelle esplorazioni, e quindi nella letteratura e nella architettura, piú aderente ai bisogni della nuova età, e si ebbero i grandi poeti e prosatori, il rinnovamento della pittura con Cimabue e poi con Giotto, che diedero il colpo di grazia al mosaico bizantino. Nel rigoglioso fiorire dei comuni le città si popolarono di palagi, di portici, di loggie, di torri campanarie coi primi orologi pubblici; si eressero chiese con chiostri e pulpiti maestosi, cattedrali, monumentali e candidi gioielli di marmi policromi, dalle vôlte ampie ed austere, cui gli affreschi dei piú celebri pittori dell'epoca ponevano una

nota di gaiezza e di freschezza. Soprattutto meraviglioso tale sviluppo fu nella gentile, ferace e bella terra di Toscana; i suoi grandi artisti, pittori, scultori, architetti, orafi come Donatello, Ghiberti, Brunelleschi, il Beato Angelico, Masaccio, il Pinturicchio, vissuti nella prima metà del Quattrocento, avevano dato a Firenze, vera Atene italiana del Rinascimento, alla Firenze medicea, il primato incontrastato in tutte le arti.

I comuni e le libere istituzioni repubblicane si erano a mano a mano trasformati ed avevano ceduto il posto alle signorie per cause che qui non occorre ricordare; ad eccezione della grande e potente oligarchica repubblica veneta, dello stato della Chiesa e del regno di Napoli, passato dagli Angioini alla dinastia degli Aragonesi.

Alla metà del Quattrocento e poco oltre scomparivano quattro dei maggiori uomini politici d'Italia: Alfonso d'Aragona, Cosimo de' Medici il Vecchio, Francesco Sforza, duca di Milano, ed il grande papa Pio II, il famoso umanista Enea Silvio Piccolomini; e con essi i grandi bibliofili, gli infaticabili ricercatori nei vecchi monasteri dei codici contenenti i capolavori del mondo classico, latino, greco e quelli arabi ed orientali, quali il romano Lorenzo Valla, dotto nel greco e

nell'ebraico da cui s'inizia la critica storica; Poggio Bracciolini, Giorgio Aurispa, il Bruni, primo traduttore dei dialoghi di Platone, il Guarino, il Biondo, il Salutati, ecc.

La famiglia Medici, famiglia di commercianti e di banchieri, le cui case di rappresentanza s'irradiavano in tutta Europa ed oltre, era divenuta ricca e potente, e senza aspirare apertamente al principato, aveva in fondo saputo abilmente accentrare nelle proprie mani tutti i poteri della repubblica. La saggia ed astuta politica di Cosimo il Vecchio, prima esiliato poi ricondotto trionfalmente a Firenze, pur solleticando il popolo con feste, aveva dato un potente impulso alle buone lettere latine e greche, alla filosofia, alle arti tutte.

Michelozzo da Forlí gli aveva costruito il superbo palazzo, vicino al tempio di Arnolfo, alla cupola del Brunelleschi ed al campanile giottesco; le stanze erano state meravigliosamente affrescate da Benozzo Gozzoli e Cosimo vi aveva raccolto una ricca biblioteca. E dallo stesso Michelozzo aveva fatto costruire la villa di Careggi che fu sede dell'Accademia platonica fiorentina, e dov'egli morí nel 1466. Insieme con Niccolò V (Tommaso Parentuccelli da Sarzana) e il duca di Urbino fu uno dei mag-

Veduta del Castello di Vinci

giori collezionisti di codici; e quando non poté procurarsi le vecchie edizioni, le fece copiare valendosi dell'opera di un libraio editore di grande pratica, Vespasiano da Bisticci, che aveva impiantato in Firenze una libreria, ritrovo di letterati ed artisti, ed una vera officina libraria, con numerosi ed abili copisti, per trascrivere o su pergamena, o su buona carta delle officine di Fabriano, i codici famosi e che ancora destano la nostra ammirazione; copisti che avevano imitato l'arte dei monaci allumimatori e l'esempio di uomini illustri e calligrafi insigni: basti citare Petrarca e Boccaccio.

Cosimo fondò biblioteche alla Badia Fiesolana ed in San Marco ed in questa raccolse il fondo dei libri di un grande umanista Niccolò Niccoli, aprendola al pubblico nel 1444. Essa fu ben nota al Pacioli e a Leonardo e in tempi recenti fu incorporata alla Laurenziana. Anche il duca d'Urbino aveva fondato una ricca biblioteca, saccheggiata da Cesare Borgia, in parte finita alla Vaticana. E non senza commozione ed ammirazione si possono ancora vedere quei codici preziosi superbamente rilegati in velluto cremisi con fermagli e borchie d'argento; e « non ve n'è ignuno in stampa, che

se ne sarebbe vergognato » ci lasciò scritto il Bisticci nelle sue preziose *Vite.* Ma poi, pur rammaricando il tempo dei copisti piú o meno diligenti, anche il Bisticci dopo il 1480 dové dichiararsi vinto dalla nuova trionfante universale arte della stampa. E siano pure ricordate la biblioteca Vaticana aperta al pubblico da Sisto IV essendone bibliotecario il Platina; quella di Roberto d'Angiò a Napoli saccheggiata da Carlo VIII; quella dei Visconti a Pavia saccheggiata da Luigi XII.

Sotto Cosimo ebbe splendore lo Studio fiorentino (1431) in cui insegnarono gli uomini piú cospicui d'Italia e di Firenze già nominati e ancora il famoso ed irrequieto Francesco Filelfo da Tolentino, celebre per le sue lettere, citate da Leonardo, che sono una ricca fonte per la storia letteraria ed accademica di quei tempi. Ed ebbe una rinascita e nuovo incremento la cultura e lo studio della lingua greca che si era quasi spento dai tempi della repubblica e dell'impero romano. I concilii di Ferrara e di Firenze (1438-39) sotto Eugenio IV papa, per la riunione delle due chiese latina e greca, avevano condotto in Italia numerosi dotti greci rappresentanti dell'alta cultura greca; tali il Bessarione di Trebisonda che

fe' clamoroso passaggio alla chiesa latina, divenne cardinale e gran raccoglitore di libri, che poi legò alla Marciana di Venezia; il Gaza, gran traduttore di autori greci sotto Niccolò V; Giorgio da Trebisonda; Giovanni Argiropulo che insegnò nello Studio fiorentino; il Calcondila; Giovanni e Costantino Lascaris; e infine Giorgio Gemisto, grande studioso di Platone che, per invito di Cosimo, espose a Firenze e fu chiamato nuovo Platone, mentre egli grecizzando il suo nome preferiva modestamente chiamarsi Pletone. Sigismondo Malatesta, il potente e dotto Signore di Rimini, volle trasportate le sue ceneri da Costantinopoli nel vetusto tempio malatestiano, opera insigne di uno dei grandi predecessori di Leonardo, Leon Battista Alberti.

Lo studio del greco divenne famigliare a Firenze e l'Aurispa ed il Guarino erano stati interpreti vivaci nel concilio di Firenze. Angelo Poliziano dopo aver osservato che i fiorentini avevano fatto rinascere e rifiorire la cultura greca, notava che i figli della piú alta nobiltà (e non bisogna escludere le gentili donzelle), dopo una notte di 1000 anni parlavano il sermone attico con tanta purezza e facilità che Atene, lungi dal parere distrutta e occupata dai barbari

(e si ricordi che l'impero bizantino era caduto nel 1453 con la presa di Costantinopoli per opera di Maometto il conquistatore) sembra essere d'un tratto vissuta e avere emigrato con tutta la sua cultura a Firenze e con Firenze essersi del tutto identificata.

Spontaneamente sorse in Cosimo l'idea della celebre Accademia platonica fiorentina, impersonata in un dotto, fatto studiare da Cosimo, Marsilio Ficino, che nel 1453 ebbe l'incarico di tradurre Platone. L'opera non fu completa che nel 1477 e fu stampata nel 1492.

E l'Accademia, con nove accademici, anche sotto il Magnifico continuò a riunirsi nella villa di Careggi. Lorenzo il Magnifico, nipote di Cosimo, divenuto capo della potente famiglia medicea, continuò la politica di questi. Poeta egli stesso, sotto di lui le arti e le lettere con Pico della Mirandola e con Angelo Poliziano e poi con Andrea di Cione dal Verrocchio, maestro di Leonardo, raggiunsero il massimo splendore. La sua villa di Poggio a Caiano, trasformata da Giuliano da San Gallo, raccolse le piú insigni opere d'arte e pittori e letterati.

In tempi calamitosi, in cui bisognava destreggiarsi tra le ambizioni di molti stati, di principi, di signorotti, egli fu un poli-

tico sopraffino. Superata la crisi della congiura dei Pazzi (26 aprile 1478) in cui trovò la morte il fratello Giuliano e che ebbe sanguinosa e crudele vendetta, di cui si ha un ricordo in un disegno leonardesco, colla conseguenza dell'interdetto di Sisto IV e la guerra orrenda in terra toscana di Alfonso d'Aragona, Lorenzo divenne l'arbitro sagace e il moderatore della politica italiana della fine del '400, « l'ago della bilancia intra i principi italiani » e la sua morte avvenuta a Careggi l'8 aprile 1494 fu una sventura per le arti e piú ancora per l'Italia.

La stampa, per opera di G. Gutenberg, nacque in Germania tra il 1445 ed il 1456 (data della prima edizione della *Bibbia*); ma non è men vero che la sua seconda patria fu l'Italia, ove si perfezionò e si diffuse rapidamente in modo da sbalordire. La prima stamperia fu impiantata da due tedeschi a Subiaco nel 1465 e poi a Roma nel 1467 in Duomo Petri de Maximis (e una lapide, nella piazzetta posteriore alla elegante costruzione del Peruzzi, ricorda il grande evento); e alla fine del Quattrocento si erano impiantate stamperie in ben settanta città italiane, famose soprattutto quelle di Venezia, la Leipzig del Rinascimento, in cui Aldo Manuzio, da umanista fattosi

tipografo, sostituiva ai caratteri gotici e semigotici dei primi incunabuli con cui si volevano imitare i vecchi codici, quel carattere corsivo detto ancor oggi carattere italico delle edizioni Aldine; famose quelle del fiorentino Filippo Giunti (edizioni Giuntine) che ebbero succursali a Venezia, a Lione, ecc.

Italiana è la prima stampa a Milano della *Grammatica greca* (1476), del *Pentateuco* in ebraico (Bologna 1482), della *Bibbia* poliglotta e del *Salterio* in quattro lingue (ebraica, greca, arabica, caldaica), stampato a Genova ai primi del 1500; e poi già alla fine del '400 si avevano: la stampa delle opere di Aristotele (*La fisica* e il *De Coelo*), di Euclide, di alcune opere di Archimede, di tutti gl'innumerevoli commenti alle opere dello Stagirita e della scuola parigina di Buridan, di Alberto di Sassonia, di Nicola Oresme da parte dei nostri umanisti. L'epoca dei copisti era per sempre tramontata; ma non era stata vana e non dev'essere obliata.

Le scienze esatte non ebbero né in Firenze né in tutta Italia quello splendore cui giunsero nella prima metà del '500. Restava sempre faro luminoso l'opera di Leonardo Pisano dei primi del Duecento, che aveva fatto conoscere agli occidentali la

scienza algebrica araba e vi aveva anche contribuito con le sue ricerche.

Ed a quest'opera si riconnette una scuola di valenti abachisti fiorentini di cui abbiamo notizie varie; che fiorí nel tempo del primo soggiorno fiorentino di Leonardo e da cui uscí un grande cosmografo e cartografo, Paolo dal Pozzo Toscanelli (1397-1482), cui la sorte non concesse di vedere avverata in modo cosí inaspettato, la sua convinzione di « buscar l'oriente per l'occidente » trasmessa a Colombo; e le cui opere e i suoi tempi furono profondamente e stupendamente descritti dall'Uzielli.

Il Toscanelli, maestro Pagolo medico, come lo nomina Leonardo che quasi certamente lo conobbe, fu amico di un altro grande dotto, il cardinale Nicola da Cusa che a lui dedicò un suo libro sulle trasformazioni dei solidi.

Fra i maestri fiorentini di abaco fu assai noto Paolo dell'Abaco dei Ficozzi, che tenne cattedra in Santa Trinita e morí vecchissimo nel 1372. Contemporaneo di Boccaccio e di Biagio Pelacani, di lui ci restano le regoluzze di aritmetica pratica composte al 1340, e dopo di lui tennero cattedra Antonio de' Marzinghi, Giovanni di Bartolo maestro al Toscanelli, Benedetto dell'Abaco

e infine Giovanni del Sodo, espressamente nominato da Leonardo e di cui non ci resta quasi nulla di scritto; delle sue scoperte algebriche si ha solamente notizia in un'opera posteriore di Francesco Galigai (1521): *Summa de arithmetica.*

Di altri due matematici, Leonardo de Antoni o Leonardo Chermonese (cosí è nominato da Leonardo e che fiorí nella prima metà del secolo xv) e di Prosdocimo de' Beldomanti, morto nel 1428 e dei loro trattati che contengono ben poco di notevole, Leonardo poté avere notizie ma con poco profitto.

Nella Firenze dei Medici le industrie, eccettuate quelle connesse con l'arte costruttiva, non esistevano o quasi. Meritano però una speciale menzione quelle riferentesi all'arte della lana. Le stoffe comuni, quelle di seta, di broccato trapunte in oro e argento, i merletti stupendi avevano in tutta Italia, ma soprattutto in Firenze e in Milano, raggiunto una eccellenza forse non mai superata.

E ciò esigeva la costruzione e l'impiego di macchine tessili sia pure rudimentali. Né va trascurata l'arte bellica, la costruzione di armi, di spade, di lance, di corazze finemente lavorate e quella di cannoni e di bombarde e quindi la tecnica della fonderia

Il primo disegno di Leonardo

che già aveva prodotto i capolavori del Ghiberti nelle porte del battistero di Firenze, di Donatello nel monumento al Gattamelata in Padova e del Verrocchio in quello del Colleoni a Venezia.

In questa città eletta, colta, riboccante delle piú eccelse meraviglie dell'arte, in mezzo al popolo arguto e raffinato da una cultura sempre più fine e universale, circa al 1469 si trasferiva stabilmente un notaio dalla vicina Vinci, ser Piero, conducendo seco un suo figliolo dall'ingegno svegliato che si chiamava appunto Leonardo da Vinci.

Antonio di ser Piero di ser Guido da Vinci, piccolo borgo vicino Empoli, e discendente da una famiglia di notai, nella portata del catasto del 1457, fra le bocche a carico numera, oltre se stesso di 85 anni, la moglie Luisa, i figlioli ser Piero e Francesco, Albiera moglie di Piero e Leonardo « figlio di Piero "non legiptimo", nato da lui e da donna Chaterina, al presente donna di Cartabriga di Piero del Vacca da Vinci, di cinque anni. » Ciò trovasi confermato nella portata del catasto fatta da ser Piero nel 1469 in cui esplicitamente è detto che Leonardo è di 17 anni. Sono questi i primi documenti finora noti, l'atto di nascita di

Leonardo. Ma poi i documenti certi della sua vita si riducono a ben pochi, come del pari non sono numerose le testimonianze dei suoi contemporanei, ed ancor piú rare le note dei suoi appunti manoscritti che ci permettono con sicura scienza di penetrare, come ardentemente si desidererebbe, in tutti i particolari di quella vita cosí intensa di pensiero, dalla giovinezza alla piú tarda età.

Nulla sappiamo della madre: ed è dubbio che la minuziosa nota delle spese pel funerale di certa Caterina, nel secondo dei *Codicetti Forster*, possa riferirsi alla madre o piuttosto a una domestica.

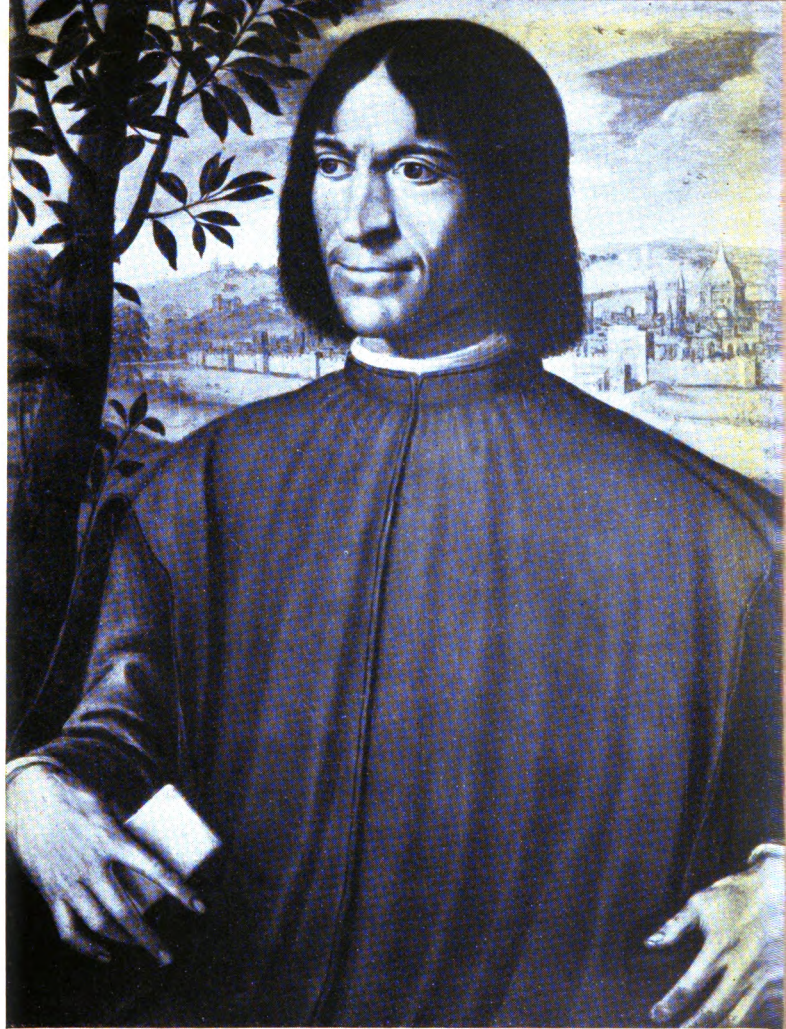
La piú antica fonte biografica di Leonardo è nel *Codice dell'anonimo Gaddiano* e nel libro posseduto da Antonio Billi e composto tra il 1506 ed il 1532; e poi nella *Vita* scritta da Paolo Giovio venti anni dopo la morte di Lenoardo, e finalmente quella compilata dal Vasari nelle sue famose *Vite*; ma è ben noto che le sue notizie vanno sempre accolte con molte riserve.

Tra le piú recenti e piene di notizie ricavate da fonti certe, citiamo quelle del Solmi, del Calvi e l'articolo dell'*Enciclopedia italiana* di M.r Carusi.

Leonardo, dunque, è figlio dell'amore come un suo grande predecessore: L. B. Alberti;

nacque a Vinci nel 1452, anzi una vaga tradizione locale assegna la casetta, ancor oggi visibile, in Anchiano, frazione di Vinci, dov'ebbe i natali e trascorse i primi anni della fanciullezza nella casa paterna, di diritto aperta ai figli illegittimi, sotto la sorveglianza amorosa dell'Albiera, prima moglie di ser Piero che non aveva figli. Ma di questa prima giovinezza, come della madre sua, noi sappiamo poco o nulla e Leonardo stesso ci ha lasciato ben poche notizie, se se ne eccettui il sogno del nibbio. Avrà certo presto mostrato un ingegno svegliato e una stupenda inclinazione al disegno ed al rilievo, e il padre ser Piero dopo che si trasferí in Firenze e avergli fatto conoscere l'abaco, lo allogò (e non poteva fare altrimenti, volendo istradarlo alla pittura) nella bottega di Andrea del Verrocchio che era tra i maggiori artisti che vantasse Firenze e che proprio in quel torno di tempo lavorava alla costruzione della palla di rame che doveva coronare la lanterna della cupola di S. Maria del Fiore, e che Leonardo ricorda appunto nei suoi manoscritti ed a testimonianza della sua permanenza presso il Verrocchio. Tale permanenza, del resto, almeno fino al 1476, viene documentata da due denuncie anonime, fatte agli Ufficiali

di notte, contro un giovane diciassettenne, forse un modello dello studio, certo Saltarelli, in data 9 aprile e 7 giugno 1476 in cui si dice che: « Leonardo di ser Piero sta con Andrea del Verrocchio»; accuse che involgevano Leonardo in una losca faccenda da cui Egli uscí illeso, ma su cui non abbiamo luce decisiva, che pur rivelerebbe un lembo di una vita esuberante, vivace ed un po' libera di un artista geniale, giovane, bello, insuperato suonatore di lira.

Nei costumi dell'epoca, che poi saranno imitati da Leonardo, gli allievi convivevano col maestro e tra questi e piú vecchi di lui si trovavano Piero Vannucci da Città della Pieve, conosciuto col nome di Perugino (1446-1523) che certamente risentí le influenze di Leonardo, e Sandro Botticelli da Firenze (1444-1510), gaudente e scapigliato, ricordato da Leonardo; e poi il mite Lorenzo di Credi da Firenze (1459-1537). Sappiamo con certezza che nel 1472 Egli fu inscritto ufficialmente nel *Libro rosso dei debitori e creditori della compagnia dei pictori fiorentini (di San Luca)*; ed è del 1473 il paesaggio da lui firmato nel giorno di S. Maria della Neve (5 agosto) in cui per la prima volta apparisce la scrittura a specchio, di cui poi diremo.

(Foto Alinari)

Lorenzo de' Medici detto il Magnifico
(Ignoto del XVI sec.)

Nel rovescio del foglio però vi ha una frase scritta al nostro solito modo, cioè non speculare.

Ed il Venturi osserva che se nei disegni primitivi si scorge indifferentemente l'uso corrente e quello speculare, in seguito il segno corre costantemente da sinistra a destra, come è visibilissimo nell'autoritratto a sanguina della Biblioteca del Re in Torino; i tratti del chiaroscuro cadono obliqui in questo senso, a saettio parallelo, con accentuazione e maggior forza di scuri ai limiti di contorni verso destra.

Ma già nel 1480, come si rileva dalla portata del catasto di ser Piero, Leonardo non conviveva piú col padre.

Era già solo, ma ben poco sappiamo delle relazioni tra allievo e maestro allora tutto occupato per la statua del Colleoni. Solo l'anonimo Gaddiano dice: « Leonardo stette da giovine col M.º Lorenzo de' Medici e dandoli provvisione per sé il faceva lavorare nel giardino della piazza di San Marco in Firenze ». Piú tardi ciò sarà ricordato da Leonardo che scriveva: « I Medici mi creorono e mi destrussero ».

Il suo distacco dal maestro si può far risalire ai primi del 1478 perché appunto allora la Signoria gli commetteva la pala

d'altare per la cappella di S. Bernardo a Palazzo Vecchio già allogata a Pietro del Pollaiolo; ma Leonardo non ne fece nulla. Egli pure ci dice che verso la fine dello stesso anno cominciò le due *Vergini Marie*; le quali, secondo il Venturi, potrebbero essere la *Madonna del Fiore* ora al Museo dell'Eremitaggio a Leningrado e la *Madonna del Gatto* agli Uffizî, di cui restano tanti schizzi e disegni.

La sua attività pittorica è però scarsa e si riduce ancora alle due predelle dell'*Annunciazione,* la piú grande ora alla Galleria degli Uffizî e la piú piccola al Museo del Louvre. Ma i disegni di quell'epoca, ora raccolti e pubblicati dalla R. Commissione Vinciana, con le superbe illustrazioni e commenti del Venturi, ci rivelano tutta la finezza dei suoi studî per quadri, per allegorie, studî di fiori, di teste, di drappeggi, ecc. Notevole è uno schizzo dell'orrido volto dell'uccisore di Giuliano, cioè di Bernardo di Bandino Baroncelli, impiccato nel dicembre del 1479, del quale il Botticelli aveva fatto pur esso una pittura, ed è l'unico accenno ch'Egli ci abbia lasciato di quella grande tragedia a cui fu certo presente.

Poi cominciò la pala d'altare per i frati di S. Domenico a Scopeto: *L'Adorazione dei*

Magi, nel 1481, e di cui si possiede il contratto e le note delle lievi rimunerazioni di detti frati per compere di colori e che, del pari, riuscí purtroppo incompiuta ed adorna una delle pareti degli Uffizî, accanto al *Battesimo* del Verrocchio. Pure di quell'anno pare sia il *S. Girolamo* che, dopo fortunose vicende trovò posto nella Pinacoteca Vaticana.

È del Vasari l'affermazione che Egli, giovinetto di 18 anni, dipingesse l'Angelo di profilo nella bella tavola del Verrocchio: « Lo condusse di tal maniera che molto meglio delle figure di Andrea stava l'Angelo di Leonardo; il che fu cagione che Andrea mai piú non volle toccare colori (ciò che non è vero), sdegnatosi che un fanciullo ne sapesse piú di lui ». Vasari non conosceva certamente quanto Leonardo ha scritto: « Triste è quel discepolo che non avanza il suo maestro ». L'Angelo inginocchiato che ha nelle braccia un asciugatoio, è infatti bellissimo in confronto all'altro di faccia.

Cosí, come poi nella scienza, quasi sempre l'opera di Leonardo resta incompiuta e ben a ragione il suo primo biografo dice: « Ebbe inventioni bellissime, ma non colorí molte cose, perché mai niente, ancor che belle, satisfece a se medesimo; e però vi

sono poche cose di suo, che il suo tanto conosciere gli errori, non lo lasciò fare ». Ma di ciò si ha una ragione piú profonda che sfuggí al biografo.

La scienza e la tecnica attiravano già potentemente la sua attenzione, e stanno a provarlo le pagine del *Codice Atlantico* di quel periodo, circa 1478, identificate con rara perizia e profonda conoscenza dei manoscritti vinciani da G. Calvi; e sono disegni d'ingranaggi, di argani, di carri a triciclo per cannoni, di canali per l'Arno fra Firenze e Pisa, di un igrometro, ecc.; disegni che ancora non presentano la nitidezza, né la grande originalità di quelli degli anni successivi, ma sono preziosissimi per la conoscenza della sua tecnica e per quello della tecnica toscana. Non può dirsi che Leonardo sia stato potentemente influenzato dalla meravigliosa vita umanistica fiorentina, ma, forse dovuto all'influenza di Savonarola, si rileva un senso mistico quasi di isolamento a cui Egli si condanna; e scrive infatti: « E se tu sarai solo, tu sarai tutto tuo ». E poi: « Io farò a mio modo e mi tirerò da parte per poter meglio speculare le forme delle cose naturali ».

Ma tra il 1480 e il 1481 la bottega del

Verrocchio cessava di esistere, perché il maestro era chiamato a Venezia per la statua del Colleoni e il Perugino ed il Botticelli erano chiamati a Roma da Sisto IV.

E al 1482 Leonardo lascia Firenze e va a Milano. Quali le ragioni?

L'anonimo Gaddiano dice: « Aveva 30 anni che dal detto M.° Lorenzo fu mandato al duca di Milano a presentarli, insieme con Atalante Migliorotti, una lira, ch'unico era in suonare tale strumento ». Ed il Vasari aggiunge che tale lira aveva forma di teschio. Il Migliorotti era pure musicista e accompagnava Leonardo un meccanico, Tommaso Masino di Peretola, detto Zoroastro, di cui forse Leonardo già si serviva per le sue macchine. Ma sembra troppo futile cagione per privare Firenze di un artista già famoso.

Forse il desiderio di poter meglio far valere la sua grande conoscenza, all'infuori della pittura, nell'arte militare, nelle costruzioni, nelle macchine, nelle fortificazioni ecc., il bisogno di un nuovo campo di attività e dopo aver visto chiamare a Roma due suoi compagni di bottega, possono averlo indotto a lasciar Firenze. Va in ogni modo respinta, perché non appoggiata a nessun documento, la leggenda che il Magnifico con

quella scusa avesse voluto liberarsi di lui. Finisce cosí il primo periodo fiorentino; il periodo della preparazione artistica nel suggestivo ambiente della Firenze medicea.

I fiorentini, se pur se ne accorsero, videro partire semplicemente un pittore, e quando Egli ritornò dopo quasi 18 anni, l'artista era divenuto uno scienziato.

CAPITOLO II

ALLA CORTE SFORZESCA DI MILANO

I grandi lavori pittorici di Leonardo. La corte Sforzesca. Il cavallo. *Ricerche scientifiche. Luca Pacioli. La caduta del Moro. Fine del primo periodo milanese.*

COLL'ANNO 1483 si inizia certamente il primo periodo milanese di Leonardo, il suo pieno e rigoglioso meriggio. Esso culmina nell'arte con tre capolavori: il quadro della *Vergine delle Rocce*; il *cavallo* per la grande statua equestre di Francesco Sforza, una delle grandi tragedie di Leonardo, e il *Cenacolo* di S. Maria delle Grazie.

Il quadro, o, come poi diremo, i quadri della Vergine esularono in terra straniera; il cavallo in gesso fu distrutto, e il *Cenacolo* è in via di completa distruzione. Ma non andarono distrutti del tutto i manoscritti vinciani che formano la grande e solida gloria di Leonardo, che nel periodo di cui discorriamo in ogni ramo della scienza e della tecnica lasciò orme profonde del suo genio enciclopedico.

Leonardo giungeva a Milano dopo che negli ultimi trent'anni erano avvenute rivoluzioni e tragedie. Nel 1466 era morto Francesco Sforza, da capitano di ventura e

condottiero divenuto (1452) duca di Milano, iniziando cosí, col suo matrimonio con Bianca Maria Visconti, unica erede della potente famiglia viscontea, la nuova dinastia degli Sforza durata mezzo secolo. Gli era succeduto il primogenito, il tiranno e dissoluto Galeazzo Maria, che Leonardo può aver conosciuto quando il novello duca, con grande e imponente sfarzo, era venuto a Firenze tutta addobbata a festa dal Verrocchio e dagli allievi della sua bottega, tra i quali era Leonardo.

Il Duca voleva onorare la memoria del padre, di cui aveva tutti i vizî senza le grandi virtú, erigendogli nel castello una statua equestre in bronzo dorato. Ma gli avvenimenti guerreschi, poi la congiura del 1476 in cui trovò la morte, mandarono a vuoto il grande progetto. La successione spettava al figlio Gian Galeazzo, di otto anni, sotto la tutela della madre, la duchessa Bona di Savoia.

Lo zio paterno, Lodovico detto il Moro, astuto ed ambiziosissimo per sua sventura e per quella d'Italia, che in un primo momento era stato allontanato dalla corte e relegato a Pisa, riuscí a soppiantare Bona, con tenebrosi raggiri, a liberarsi del ministro Cicco Simonetta, fatto decapitare

(1480) e a diventare tutore del nipote che restò sempre duca soltanto di nome; di fatto lo era Lodovico; la sua corte, volendo imitare Firenze, divenne la piú sfarzosa d'Italia, ritrovo di artisti e letterati, di dame, di cavalieri e della piú potente nobiltà.

E tra le molte cose che si propose di fare (e non compí) vi era precisamente quella della statua del padre.

Avrà egli pensato a Leonardo, già noto come allievo del Verrocchio? Comunque si sia, certo è che Leonardo (col Migliorotti e Zoroastro) era a Milano nell'aprile del 1483, perché pone la sua firma, insieme coi pittori milanesi Ambrogio ed Evangelista De Predis, al minuzioso contratto colla Confraternita di S. Francesco Grande a Porta Vercellina, per una ricchissima ancona, riccamente intagliata da Giacomo del Maino e la cui parte centrale, quella ben nota col nome di *Vergine delle Rocce*, doveva essere dipinta da Leonardo. Ed è del pari certo che ci è stata conservata nel *Cod. Atl.* una lettera, scritta al nostro modo (scrittura diritta) e forse di mano di Leonardo, certamente autentica, in cui vengono offerti i suoi servigi al Moro e contiene la esposizione di un superbo programma di lavoro e la enumerazione di tutto ciò che Egli, « a

paragone di ogni altro », è capace di fare. Ed afferma che « ancora si poterà dare opera al cavallo di bronzo, che sarà gloria immortale e eterno onore de la felice memoria del S.re vostro patre e de la inclita casa Sforzesca ». E di tutto si mostra disposto a farne esperimento.

Programma grandioso che ha completamente espletato in Milano ed anzi ha esuberantemente superato.

Leonardo dà maggior rilievo, e se ne comprende facilmente la ragione, alle sue conoscenze e alla sua abilità in cose guerresche: ponti, fortificazioni, mine, carri d'assalto, cannoni; e tutti i disegni che ci restano di questo periodo (1482-90) sia nel *Codice Atl.*, sia in altri codici e musei, raccolti ora ed illustrati dal Venturi, stanno a dimostrare luminosamente che Egli non diceva vane parole.

A Milano attese prima di tutto alla *Vergine delle Rocce*, finita il 1486 e di cui si hanno due esemplari, uno al Louvre, l'altro alla National Galery di Londra, a cui pervenne da casa Melzi che lo aveva avuto dalla Confraternita; esso quindi proviene dalla cappella di S. Francesco per la quale era stato ordinato. Il dipinto diè luogo ad una lunga controversia colla Confraternita

che durò fin dopo il 1500; quanto alla duplice copia i critici riconoscono in entrambe la mano di Leonardo, pur rilevando la maggiore bellezza del quadro del Louvre e le lievi differenze fra le due copie; probabilmente gli autori avranno fatto le due copie, una per la Confraternita e l'altra per qualche piú generoso acquirente.

E deve aver avuto subito l'incarico della statua equestre, per la quale iniziò gli studî del cavallo e della sua anatomia e di cui ci restano numerosi disegni.

Che Leonardo procedesse con lentezza non fa meraviglia; tanto che il Duca, temendo non avrebbe condotto a termine l'opera, faceva richiesta a Lorenzo il Magnifico, nel luglio 1489, di qualche altro scultore idoneo alla grande impresa; ma ciò non ebbe seguito e Leonardo proseguí i suoi studî ed il modello in gesso, e lo nota in uno dei suoi quaderni: « a dí 22 d'aprile 1490 cominciai questo libro e ricominciai il cavallo ».

Forse era compiuto tre anni dopo e tra i suoi disegni vi è quello di un'armatura in legno destinata a trasportare il modello per la sua fusione in bronzo, che non poté mai farsi per le gravi strettezze finanziarie del Moro e pei gravi avvenimenti seguiti poco dopo. Il matematico Luca Pacioli, chiamato

a Milano il 1496 o 1497, ce ne ha lasciato una descrizione e date le dimensioni. Stava forse ancora in Corte Vecchia al 1501, perché era stato richiesto dal Duca di Ferrara; ma un letterato, Sabba di Castiglione, nei suoi preziosi ricordi, ci informa che quel modello fu distrutto dai balestrieri guasconi quando Luigi XII occupò il ducato. Certo è che non se ne seppe piú nulla.

In una minuta di lettera ai fabbricieri del Duomo di Piacenza sulla scelta dell'artista per le porte di bronzo, e che figura nel *Cod. Atl.*, Leonardo parla di questa sua opera: « e credetelo a me, salvo Leonardo fiorentino, che fa il cavallo del duca Francesco di bronzo, che non ne bisogna fare stima, perché à che fare il tempo di sua vita, e dubito che, per l'essere sí grande opera, non la finirà mai ».

Mentre in un altro appunto, che poi è stato cancellato, scrive: « Ecco uno il quale il Signore per fare questa sua opera, ha tratto di Firenze, che è degno maestro, ma ha tanta facienda e nulla finirà ».

Preziosa ed autentica conferma di quanto per altre fonti ci è noto e, insieme col riconoscimento del suo valore, il tormento dell'artista mai pago di sé!

Ma durante i lavori pel cavallo, non man-

cavano a Leonardo altre commissioni di lavori e la sua partecipazione alla vita di corte: progetti per il risanamento di Milano dopo la peste; studî di armi, di cannoni; di tecnica industriale, di meccanica; di cui poi dovremo a lungo occuparci.

Pel matrimonio di Gian Galeazzo con Isabella d'Aragona (febbraio 1489), Leonardo è incaricato del fastoso addobbo di Porta Giovia; e poi ai primi dell'anno successivo prepara l'allegoria della festa del Paradiso, di cui il *Codice Arundel* ci ha conservato qualche schizzo e disegno; e il mediocre poeta Bellincioni, toscano pur lui, una descrizione; e cantava che « da Firenze un Apel quivi è condotto », dei cui disegni e colori « et i moderni et gli antichi hanno paura ». Poi ancora nuove nozze e nuovi festeggiamenti; e prima le doppie nozze del Moro con Beatrice d'Este (gennaio 1491), la sorella della colta Isabella marchesa di Mantova; e quelle di Anna Sforza con Alfonso d'Este e con la conseguente grande giostra organizzata dal conte Galeazzo di San Severino, capitano del Duca, per cui si richiese l'opera di Leonardo, pure annotata fugacemente nel *Cod. Arundel*; infine, quelle dettate da necessità politiche e disastrose per le finanze ducali, di Bianca Maria

Sforza con l'imperatore Massimiliano. Ed anche questo grande matrimonio ispirava la musa di un altro mediocrissimo poeta di corte, che trova modo di deplorare il ritardo della erezione del monumento a Francesco Sforza, aggiungendo che:

Non era un Lionardo ancor trovato
Qual di presente tanto ben l'impronta,
Leonardo Vinci a farlo sol s'è mosso.
Statura, bon pictore, bon geometra,
un tanto ingegno rar dal Ciel s'impetra.

In alcuni appunti del *Codice Atl.* Leonardo ci dà notizia certa della sua preparazione della giostra di Sanseverino; e qui compare in scena un ragazzetto decenne, Jacomo, una specie di servitorello, che poi fece da modello, divenne pittore e non lasciò Leonardo che quando questi esulò in Francia e poi in Milano finí trucidato. Monello vivace e indemoniato, ladruncolo e impertinente che, venuto a stare con Leonardo appunto verso il 1491, ne combina di ogni colore e riceve il soprannome di Salaí (diavolo) e che cosí figura spesse volte nei mss. vinciani. Leonardo ha una singolare tenerezza per questo monellaccio il cui vero nome è Gian Giacomo Caprotti. E, dice Leonardo, fa scostumatezze a cena in casa

di Jacomo Andrea da Ferrara, architetto che cadde vittima della repressione francese alla caduta del Moro; consuma piccoli furti a Marco e a Giannantonio; e in questi il Calvi, molto sensatamente, ravvisa due buoni allievi di Leonardo: Marco d'Oggiono e Giovanni Antonio Boltraffio.

Pochi altri riflessi della vita di corte ci vengono offerti da quelle che potremmo chiamare bizzarrie, ma presentano invece lati del massimo interesse pei costumi del tempo; e sono i rebus, evidenti giuochi di corte, le caricature, i nodi vinciani. Copiose caricature e rebus (questi illustrati da M. Baratta nelle sue interessanti *Curiosità vinciane*) si trovano nei fogli di disegni della Biblioteca reale di Windsor ed ora pubblicati interamente. Nelle caricature si potrebbero però ravvisare anche deformità patologiche degne della massima considerazione. I nodi vinciani, di cui l'Ambrosiana vanta l'unica rarissima completa collezione, sono forse opera di qualche discepolo: tutti recano la scritta: «Academia Leonardi Vinci».

Che Leonardo, eccellente nel discorso e nel canto accompagnato dalla sua lira, abbia preso parte a feste di corte, a discussioni con altri dotti ed artisti, a ciò che può benissimo nomarsi un'accademia, è possibilissimo;

ma la scritta surriferita non vuol affatto alludere ad una vera e propria accademia artistica nel senso nostro moderno; nessun documento ne comprova la esistenza e forse, non a torto, il Solmi opina che "accademia" stia lí a designare la scuola di Leonardo.

Ed il Giovio ci ha lasciato, nella biografia di cui abbiamo detto, questo profilo:

« Spiccarono in Leonardo pregi di grande compitezza accustimatissime e generose maniere, accompagnate da un bellissimo aspetto; e poscia ch'Egli era raro e maestro inventore d'ogni eleganza e singolarmente dei dilettevoli teatrali spettacoli, possedendo anche la musica, esercitata sulla lira in canto dolcissimo, divenne caro, in supremo grado, a tutti i principi che lo conobbero. »

Alla vita del Moro, alle sue intime vicende si ricollegano i ritratti di Cecilia Gallerani, che fu, da giovinetta e sino alle nozze del Duca con Beatrice d'Este, amante del Moro, e quello di Lucrezia Crivelli che lo divenne dopo la morte della duchessa.

Del primo ci dà notizia il Bellincioni nelle sue rime (1493) e poi la stessa Cecilia in una lettera a Isabella marchesa di Mantova (aprile 1498) che accompagnava il richiestole ritratto eseguito da un maestro « che in vero credo non se truova un pare in età

(*Foto Alinari*)

Lodovico il Moro. Particolare della Pala Sforzesca
(Maestro della Pala Sforzesca)

imperfecta » e ciò serve a fissare, secondo il De Rinaldis, la data dell'opera all'inizio della attività pittorica di Leonardo presso il Moro. Quello della Crivelli è invece dell'ultimo periodo, cioè dopo la morte della duchessa Beatrice. Nel foglio 167 V c dell'*Atl.* si trovano trascritti, ma non di mano di Leonardo, sette distici latini di ignoto autore, in cui chiaramente si parla della gentildonna amante del Moro che « *pinxit Leonardus* ».

Ma quale fine hanno fatto i due ritratti? Esistono ancora? Tre quadri si disputano l'onore di rappresentare le due donne per il pennello vinciano: la *Dama colla reticella di perle*, nella Pinacoteca Ambrosiana; la *Dama dell'ermellino*, in un museo di Cracovia, e infine *La belle Ferronière* del Louvre.

La critica moderna, se dobbiamo crederle, esclude però tutti e tre i ritratti non ritenendoli opera vinciana, con fondate ragioni i primi due; anzi per il secondo è comune l'attribuzione al Boltraffio; e finalmente per il terzo si ritiene che la pittura sia stata del pari eseguita dal Boltraffio, ma su cartone di Leonardo.

Che Leonardo, come tanti altri pittori famosi, si facesse aiutare dai suoi allievi è ben naturale. Fra' Pietro da Nuvolara che

visitò a Firenze, nel 1501, Leonardo tutto dedito ai suoi studî di geometria, ce ne dà la conferma scrivendo alla marchesa di Mantova, che Leonardo « altro non ha facto, se non dui suoi garzoni fano retrati et lui a le volte in alcuno mette mano ».

Ma non attendeva alle sole opere di pittura; ché era occupato in lavori idraulici, al riattamento della Sforzesca, superbo castello ducale in Vigevano; e, sin dai primi anni del suo soggiorno milanese, al tiburio del Duomo di Milano, di cui nel 1487 aveva presentato un modello. In questa occasione ebbero inizio le relazioni con tre celebri architetti; cioè con Luca Fancelli da Settignano, con Francesco di Giorgio Martini da Siena, autore di un celebre *Trattato di architettura civile e militare* rimasto manoscritto fino al 1841, e finalmente con il famosissimo Donato Bramante da Fermignano (Urbino) col quale Leonardo doveva nuovamente incontrarsi in Roma nell'ultimo anno di vita del grande architetto (1514).

Negli *Annali della Fabbrica del Duomo* pel 1487 si legge infatti: « *Magistro Leonardo Fiorentino, qui habet honus faciendi modellum unum tubori ecclesiae majoris, iusta ordinationem factam in Consilio fabricae* ».

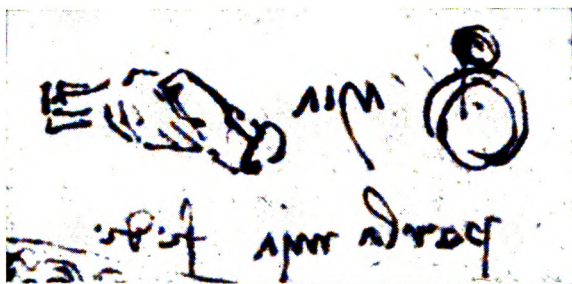
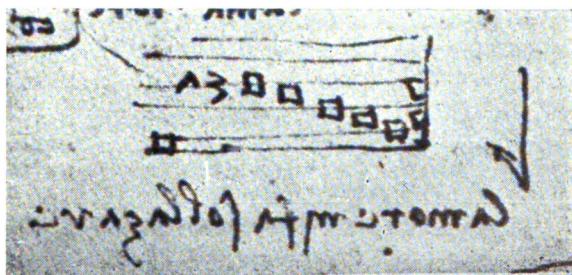
Leonardo si occupò del tiburio fino al 1490, in cui ritirò il suo progetto per migliorarlo; ma poi non se ne occupò piú. Ma col Martini, Leonardo andò a Pavia per un giudizio sulla fabbrica di quella cattedrale e dal Martini stesso egli avrà potuto conoscere molte cose del *Trattato di architettura.* E poco dopo, nel 1492, Leonardo deve essersi incontrato con altro famoso ingegnere ed architetto, e costruttore di macchine, Giuliano da San Gallo, che ancor lui, con Fra' Giocondo Veronese, Leonardo ritroverà a Roma.

E col tiburio del Duomo si è recentemente prospettata un'altra questione; cioè la invenzione della macchina del Sacro Chiodo. Uno dei chiodi ritrovati da S. Elena era stato collocato in alto sotto la grande cupola in una nicchia; e nel 3 di maggio, ricorrenza della Invenzione della croce, una nuvola tutta luminosa e fatta con artificio mirabile si eleva dall'altare maggiore fino al luogo del Sacro Chiodo. La macchina pel sollevamento da vari autori è attribuita a Leonardo. Documenti probatori decisivi mancano; ma può anche darsi che sia stata fatta per suggerimento di Leonardo, consistendo essa, come ha rilevato l'Ing. Canestrini, nel semplice impiego di due verri-

celli e di rulli di legno, il cui uso e la cui conoscenza è antichissima e non richiede speciali e ingegnosi accorgimenti; anche se Leonardo l'ha suggerita, come dicevamo, non aggiunge proprio nulla al valore della tecnica di Leonardo.

Intanto gravi avvenimenti si avveravano in Italia e si maturava, pur sotto le fallaci apparenze di sfarzo e di potenza, la tragedia del Moro e degli Sforza. Il Moro, di fatto vero duca di Milano, che vedeva prossima la fine dello sventurato nipote e forse temeva la vendetta del padre e del fratello della duchessa Isabella, la quale invocava disperatamente aiuto e voleva sottrarre lo sposo alla tutela tirannica del Moro, confortava Carlo VIII di Francia all'« accarezzata impresa contro Napoli » e precisamente contro Alfonso II succeduto nel 1494 al padre Ferdinando.

Carlo scende in Italia nel settembre di quell'anno; è accolto giulivamente a Vigevano; visita, nel Castello di Pavia, il morente duca Gian Galeazzo che si spense nell'ottobre successivo; passa per Firenze, per Roma; conquista Napoli. La sollevazione del popolo fiorentino, eccitato dalla veemente e calda eloquenza di Fra' Girolamo Savonarola, e la cacciata dei Medici, e il

Rebus: « Io sono fritto »

Rebus: « Per la mia fede »

Rebus: « L' amo-re mi fa sol-la-za-re »

ritorno alle vere forme repubblicane; la lega dei principi italiani, troppo tardi riuniti contro l'invasore; la precipitosa ritirata di Carlo VIII, quasi una fuga, non ostacolata dalla effimera battaglia di Fornovo o del Taro (8 luglio 1495), sono cose troppo note perché ci sia appena il bisogno di ricordarle.

Carlo VIII fuggiva portando al solito ricco e copioso bottino, soprattutto della ricca biblioteca di Roberto d'Angiò; e mostrando sventuratamente agli stranieri quanto fosse facile la via dell'invasione e la preda d'Italia.

Lodovico diveniva finalmente duca di Milano e dagli oratori cesarei riceveva le sospirate insegne ducali raggiungendo il massimo della potenza e della apparente gloria; offuscata subito dalla presa di possesso di Novara da parte del duca d'Orléans, il futuro Luigi XII.

E di tutti questi grandi e gravi avvenimenti politici e guerreschi, non un rigo, non il piú semplice accenno in tutti i mss. vinciani! Ma del resto non è facile seguire tutte le vicende della vita e dei suoi lavori d'ingegneria, del perfezionamento delle conche, dei canali della Lombardia in quegli anni cosí turbinosi, in cui lo stato delle esauste finanze del Duca non davano da vivere

lautamente a Leonardo. L'artista è mal pagato o non è pagato affatto; e si ricorre ai piccoli espedienti di cessione di benefizî o dazietti, di cui è cenno nei mss., di Marchesino Stanga, di Moncia.

Incaricato di decorare due camerini dell'alloggio ducale, sorge a un tratto un dissidio col Duca la cui impazienza nell'esecuzione delle opere doveva lottare, come ben si comprende, contro la lentezza di Leonardo, che irritato e mal pagato si allontana da Milano, per breve tempo però. Si hanno infatti prove di un suo fugace ritorno a Firenze e della ansiosa e vana ricerca del Duca di un altro artista, forse il Perugino, capace di sostituire maestro Leonardo. E ci sono conservate nel *Cod. Atl.* minute di lettere dirette al Moro, che rivelano tutta l'angustia dell'artista. « Assai mi rincresce che l'avere a guadagnare il vitto m'abbi a interrompere il seguitare l'opera che già Vostra Signoria mi commise; ma spero in breve avere guadagnato tanto che potrò satisfare ad animo riposato a Vostra Eccellenza, alla quale mi raccomando. E se V. S. si credesse ch'io avessi dinari, quella s'ingannerebbe, perché ò tenuto sei bocche 36 mesi e ò avuto 50 ducati ».

Leonardo aveva certamente altre commis-

sioni per gli industriali e in cui poteva sfruttare il suo genio meccanico.

Egli deve ricorrere anche a dei piccoli prestiti dal Salaí. Ma pare che poi le cose si accomodarono e si tornò ai lavori ed alle feste, quali la rappresentazione di *Danae*, in cui al primo posto figurava la Crivelli già favorita del Duca e di cui nel Museo metropolitano di New-York si ha un disegno di scenario. Ed ecco infine che viene affidata a Leonardo un'opera murale grandiosa: l'*Ultima Cena* o semplicemente il *Cenacolo* nel refettorio dei frati del convento di S. Maria delle Grazie, il gioiello architettonico di Bramante.

L'incarico dato a Leonardo è probabilmente del 1495 o 1496. Il solo documento relativo a tale pittura esistente nell'archivio ducale è del giugno 1497; sei mesi dopo che una terribile e fatale sventura aveva già colpito il Moro, colla morte (2 gennaio del 1497) della fida e avveduta sposa, la duchessa Beatrice, che pare quasi segnasse il principio della rovina del Moro. Nel documento si dà incarico di « sollecitare Leonardo perché finisca l'opera del Refettorio delle Grazie principiata, per attendere poi ad altra facciata d'esso refettorio ».

È poi da ricordare che nel 1496 o al prin-

cipio del 1497, il matematico Luca Pacioli da Borgo San Sepolcro, che nel 1494 aveva pubblicato a Venezia la *Summa de aritmetica,* e che Leonardo aveva subito acquistato per 119 soldi, era stato chiamato dal Moro a insegnar matematica nello studio di Milano dopo aver insegnato in numerose città d'Italia, e si era subito legato d'amicizia con Leonardo che lo cita varie volte nei suoi appunti. Per converso nelle opere del Pacioli posteriori alla *Summa*, ci sono state conservate preziose informazioni su Leonardo. Tra queste citiamo per ora il trattato *De divina proportione* che fu pubblicato nel 1509, e le cui figure furono disegnate da Leonardo che costruí ancora dei modelli. Il trattato, sia detto per incidenza, è una copia o un rimaneggiamento di altro trattato di un grande pittore e valente prospettico e geometra, Piero della Francesca, conterraneo del Pacioli e il cui trattato, *De quinque corporibus regularibus*, fu pubblicato (1915) da G. Mancini.

Nel piú vecchio codice del *De divina proportione,* ora alla Biblioteca civica di Ginevra, è la lettera dedicatoria al Moro, datata al 14 febbraio 1498; e il Pacioli nel suo barbarico linguaggio, che dal Caro gli fece attribuire l'epiteto di Luca Ceneracci, ci

parla del *Cenacolo* già compiuto; e dice appunto « che agli occhi nostri evidentemente appare nel prelibato simulacro de l'ardente desiderio de nostra salute, nel qual non è possibile con maggior attenzione vivi gli apostoli imaginare al suono della voce de la inefabil verità e quando disse: "*unus vestrum me traditurus est*". Dove con acti e gesti l'uno e l'altro, e l'altro e l'uno con viva afflicta admiratione par ne parlino sí degnamente con sua legiadra mano el nostro Lionardo lo dipinse ».

Ci fornisce dunque una data certa della fine della grande pittura e ci dà anche uno dei primi ingenui e pur cosí espressivo giudizio del famoso dipinto.

I personaggi degli apostoli sono tratti dal vero, come confermano varie note dei mss. vinciani. Sul modo di lavorare del sommo artista ci dà precise notizie il Bandello ed è da credergli quando afferma che il maestro piú volte si recava sul lavoro, lungamente contemplava e meditava sul lavoro compiuto e senza toccar pennello si ritirava. Meno attendibile è il grande novelliere quando ci narra la storiella della pittura del volto di Giuda. Alle insistenze del guardiano perché terminasse, Leonardo avrebbe risposto che non aveva ancora tro-

vato nulla di truce pel volto di chi vendette Cristo; ma se fosse stato importunato avrebbe scelto il volto del padre guardiano.

La pittura in ogni modo fu completa, ed eseguita in tempo relativamente breve; e destò subito l'ammirazione incondizionata di tutti. Il Giovio e poi il Vasari ripeterono che tanta fu l'ammirazione di Luigi XII, conquistatore del ducato di Milano, per tanta opera, che avrebbe voluto trasportarla in Francia! Ma presto il dipinto presentò segni di deperimento.

Il De Beatis che lo vide nel novembre 1517 e ne parla nel suo *Itinerario* del viaggio del cardinale d'Aragona, dice che è « excellentissimo, benché incomincia ad guastarse non so se per la humidità che (rende) il muro o per altra (in advertentia) ».

Le ulteriori vicende e restauri sono ben noti: ma l'opera è una rovina completa!

Il Moro ricompensò degnamente il maestro: gli fu donata una vigna a Porta Vercellina, dove Leonardo stava costruendo una casa signorile, forse per i Sanseverino; l'atto di donazione è dell'aprile 1499, ma Leonardo l'ebbe in godimento assai prima. Inoltre una forte pensione di 2000 ducati, che deve aver goduto ben poco, e il titolo di ingegnere camerale. I tempi delle gravi stret-

tezze finanziarie erano, cosí credeva, finiti e Leonardo può fare vari versamenti a Firenze al Banco di S. Maria Nuova che saranno salutari per l'avvenire.

Non basta, ché nell'aprile 1498 ha dal Moro ancora l'incarico di decorare la "saletta negra" che doveva raccogliere le memorie care di Beatrice; e la vôlta di quella sala detta Sala delle Asse, consistente in un ricco fogliame sopra una fittissima rete di corde fantasiosamente intrecciate e che ricordano i nodi e intrecci vinciani. Ma è stata tanto restaurata che, pare, ben poco resti di Leonardo.

Ma intanto precipitavano gli avvenimenti. I Veneziani facevano segretamente il trattato di Blois (marzo 1498) col nuovo re di Francia, Luigi XII, che accampava diritti sul ducato milanese, e lo invitarono a ritentare con maggior fortuna l'avventura di Carlo VIII.

Il Moro troppo tardi ricorse ai ripari; volle con Leonardo fortificare Genova; ma il 24 luglio 1499 si iniziava la seconda invasione francese, e in agosto cominciano le vere ostilità; cadono Asti ed Alessandria abbandonate dal Sanseverino contro l'invasore capitanato da un grande nemico del Moro, Gian Giacomo Trivulzio. Il Moro

fugge ad Innsbruck presso il cognato imperatore, fidando che il castello di Milano avrebbe resistito. Invece esso è reso il 5 settembre e il 9 ottobre Luigi, avendo a fianco Cesare Borgia, duca Valentino, trionfalmente entra in Milano, al tempo stesso che i turchi, istigati dal Moro contro Venezia, arrivavano fino al Tagliamento. E l'arguto popolo veneto, pur in tante sventure, giocondamente cantava:

Ora il moro fa la danza
Viva Marco e il re di Franza.

E pure su cotanti gravi avvenimenti, Leonardo non dice nulla nei suoi appunti. I nuovi padroni non debbono averlo molestato, perché Egli poté restare in Corte Vecchia.

Ed è anche probabile che in quella occasione Egli abbia conosciuto Cesare Borgia. Certamente deve aver conosciuto Luigi di Lussemburgo, conte di Ligny, un altro pretendente al trono di Napoli, incoraggiato dal buon successo del re Luigi. Aveva aperto trattative con Venezia e chiedeva danari per provocare una rivolta in Napoli. Ma l'astuta repubblica temporeggiava e non si mostrava punto disposta ad assecondare le mire del Ligny. In queste trattative fu coin-

Studio di testa in caricatura

volto anche Leonardo? Un appunto nel f. 247 R a del *Codice Atl.*, acutamente interpretato dal Calvi: « truova ingil [Ligny] e dilli che tu l'aspetti a morra [a Roma] e che tu andrai con seco ilopanna [a Napoli]; fatti fare la enoiganodal [la donagione] » fanno fare questo sospetto; avvalorato da quanto ci è stato conservato nel f. 320 V c dello stesso codice e che è una « Memoria a maestro Leonardo di havere presto la nota del stato di Firenze, ecc. ». Ma nulla di certo può concludersi se e come Leonardo abbia effettivamente corrisposto a tutto ciò. Può la sua andata a Venezia ricollegarsi con tali trattative? Non ne sappiamo nulla; per quanto pare assai strano che Egli abbia potuto accettare incarichi politici e diplomatici.

Certo è che Leonardo restò indisturbato a Milano.

L'oltracotanza francese fece desiderare il ritorno del Moro. Con l'aiuto di armi straniere poté per un momento ricuperare il ducato (febbraio 1500); a Novara, tradito dagli svizzeri mercenari, fu sconfitto, fatto prigioniero, condotto in Francia ove nel castello di Loches finí (1510) i suoi giorni.

Tra gli affreschi delle sale del castello, nel

colmo della sventura, il Duca, traditore del proprio sangue e della sua patria, raggiunto dalla implacabile Nemesi, scrive: «*Celui qui net* [*n'est*] *pas constans* [*content*]! ».

E Leonardo nota finalmente nei suoi appunti: « Il duca perse lo stato, e la roba e la libertà e nessuna cosa si fece per lui. » Piú che il dominio straniero, sembra che l'artista-scienziato rimpianga il suo *cavallo* e le altre opere che erano rimaste incompiute. Leonardo resta a Milano fino al 14 dicembre 1499 e spedisce danari al Banco dello Spedale di S. Maria Nuova in Firenze. E cosí coi primi del 1500 si iniziava il periodo della prima dominazione francese in Lombardia, durato dodici anni, mentre francesi e spagnuoli laceravano il bel reame di Napoli. S'inizia per Leonardo il periodo della vita errante e si chiude quello della piú luminosa maturità artistica e scientifica.

Sulla partenza di Leonardo e su note sue opere milanesi è ancora preziosa fonte di informazioni il trattato *De divina proportione* del Pacioli, di cui già dicemmo. Ci conferma che Leonardo ha disegnate le figure « stati facti dal degnissimo pictore, prospectico, architecto, musico e di tutte le virtú dotato, L. da V. fiorentino, nella città di Milano, quando a li stipendi de lo excel-

lentissimo duca di quello, Ludovico Maria Sforza Anglio, ci ritrovamo nelli anni di nostra salute 1496 fino al '99; donde poi da sieme per diversi successi in quella parte ci partimmo e a Firenze poi insieme trahemmo domicilio ».

Si è detto che il Pacioli accompagnasse Leonardo a Mantova e a Venezia; ciò che non mi pare risulti da quanto afferma Fra' Luca e, come d'altra parte il Mancini ha osservato, si desume dal fatto, documentato, della presenza del Pacioli a Borgo S. Sepolcro dal 19 settembre 1499 al giugno 1500. Alla fine di questo anno egli ebbe la cattedra di matematica a Pisa, con facoltà di risiedere a Firenze, dove si è nuovamente incontrato con Leonardo.

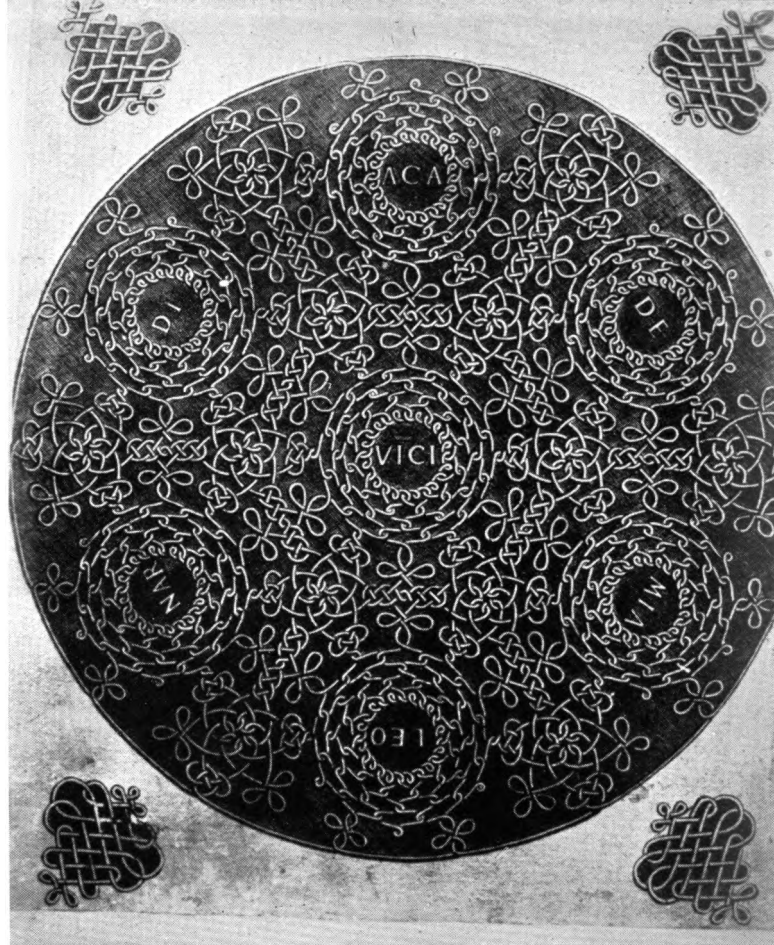
E Fra' Luca continua ancora, parlando di Leonardo: « E non da queste sazio, alla opra inestimabile del moto locale, delle percussioni e pesi e delle forze tutte, cioè pesi accidentali (havendo già con tutta diligentia al degno libro de pictura e movimenti umani posto fine) quella con ogni studio al debito fine attende de condurre ».

Evidenti accenni, e con quasi le stesse parole della meccanica vinciana, alle ricerche di statica e dinamica e al trattato della pittura. Nella nuova dedicatoria a Pier Sode-

rini, podestà della rinnovata repubblica fiorentina, e nel libro a stampa, riconferma ancora che le figure sono di Leonardo: « *schemata quoque sua Vinci nostri Leonardi manibus sculpta quod opticen instructiorem reddere possunt* ».

In un'altra opera rimasta manoscritta, *De viribus quantitatis,* ritorna ancora a dire che le figure furono « facte et formate per quella ineffabile senestra mano a tutte discipline Mathematici accomodatissima del prencipe oggi fra mortali pro prima fiorentino Lionardo nro devinci in quel felici tempo ch'insieme a medesimi stipendij nella mirabilissima cità di Milano ci trovamo ».

E parlando ancora dei vari modi di scrivere dice: « Scrivesi ancora colla rovescia o mancina, che non si possono leggere se non collo specchio, ovvero guardando la carta dal suo rovescio contro la luce, come so m'intende senz'altro, dico come fa il nro L. da V. lume della pittura, qual'è mancino, come piú volte è detto ».

E Leonardo indusse il Pacioli a pubblicare in latino gli *Elementi di Euclide* (Venezia, 1509), dedicati del pari a Pier Soderini. Il Pacioli stesso ci dà notizia delle lezioni da lui fatte sul famoso quinto libro nella chiesa di S. Bartolomeo in Venezia e

Nodi vinciani

delle persone illustri che vi assistettero, tra cui Fra' Giocondo Veronese reduce dalla Francia; ma, naturalmente, Leonardo non vi figura.

Queste notizie di un contemporaneo, di uno che ha avvicinato e lavorato con Leonardo, sono, come ognun vede, preziosissime ed esattissime: e tanto piú preziose in quanto che, mentre nel *Cod. Atl.* sono frequenti le note fino all'aprile 1499, mancano totalmente per il resto; precisamente scrive: « addí primo d'aprile 1499 scrissi qui de moto e peso ».

L'ambiente milanese, l'amicizia con Fazio Cardano, padre del grande matematico Girolamo, coi Marliani, con Jacomo Andrea da Ferrara, dal Pacioli chiamato « accuratissimo sectatore delle opere di Vitruvio », opere cosí affannosamente cercate e studiate da Leonardo, e di tanti e tanti altri dotti e ingegneri, tra cui Pietro Monti, filosofo e scrittore di cose guerresche, debbono averlo presto messo a contatto con le opere di Giordano Nemorario, con quelle della scuola parigina e coi nostri umanisti del '400 che si sono occupati di questioni di moto. Ed è quasi certo che tutte le scoperte e le ricerche meccaniche, benché sparse in mss. posteriori al periodo milanese, appartengono,

al pari delle sue invenzioni e di quasi tutti i problemi della Terra, al periodo detto.

Una ricerca di statica annotata nel f. 103 v del secondo dei *Codicetti Forster*, taccuino di appunti e uno dei codici calligraficamente piú belli e di data, al giudizio dei competenti paleografi, anteriore al 1500, vi è già applicato uno dei teoremi sui momenti, che sarà poi ampiamente sviluppato e completato nei primi fogli del *Codice Arundel*, scritti a Firenze nel marzo 1508, ma che, lo dice Leonardo stesso, sono ricavati da altre carte. Partendo da Milano, Leonardo aveva raggiunto la massima e piú sfolgorante maturità nella scienza meccanica e nella tecnica; era conoscitore profondo di ogni meccanismo e aveva posto con mirabile chiarezza i piú ardui problemi in ogni ramo dell'umano sapere.

E sono del pari di questo periodo i suoi studî sul volo degli uccelli e sul volo meccanico o strumentale, come Egli diceva, appuntati nel ms. *B* del periodo 1486-1490, in vari fogli del *Codice Atl.*, ecc., ora tutti raccolti, sagacemente commentati ed illustrati da R. Giacomelli. Leonardo, in Corte Vecchia, mentre attendeva al *cavallo*, al colosso sforzesco, disegnava e forse costruiva le prime macchine (i cui modelli hanno già

figurato in varie esposizioni) mosse dalla forza muscolare dell'uomo, e colle quali tentava risolvere il grave problema (ma l'esperimento non fu mai fatto se non nella immaginazione dei romanzieri) e di cui diremo a suo tempo.

E la grande figura di Leonardo non si può comprendere e ammirare con religiosa commozione se si guarda una sola, per quanto eccelsa faccia, della sua poliedrica attività, se si disgiunge l'artista dallo scienziato!

CAPITOLO III

LA VITA ERRANTE

Alla corte di Isabella d'Este. Venezia. Ritorno a Firenze. Con Cesare Borgia in Romagna. La Battaglia d'Anghiari; *la* Gioconda; *le ricerche anatomiche e geometriche. Nuovo soggiorno milanese. Partenza per Roma.*

I TREDICI anni che corrono dalla partenza da Milano alla sua venuta in Roma sono i piú travagliati e movimentati della vita di Leonardo; i veri anni della vita errante rispetto ai quali, i susseguenti di Roma e di Amboise sono quasi una oasi di riposo.

Partitosi, come si è detto, da Milano, Leonardo si dirige a Venezia e fa una breve sosta a Mantova. Quali le ragioni? Sperava forse in un ritorno del Moro e desiderava non allontanarsi troppo da Milano; o voleva espletare presso la potente repubblica la missione del conte di Ligny? La prima ipotesi è la piú probabile. E nel viaggio Egli si ferma, ospite gradito, alla corte di un gran capitano, il vincitore di Fornovo, Gian Francesco Gonzaga II e di Isabella d'Este, tra le piú splendide e raffinate d'Italia. La marchesa coltissima era per la moda del tempo quasi *arbiter elegantiarum*; nel suo "studio" famoso aveva raccolto opere d'arte insigni, pitture, gemme preziose, fini lavori dei piú sapienti orafi italiani e, amantissima

di musica, gran copia di mirabili istrumenti musicali forniti da un celebre liutaio, Lorenzo Gusnasco di Pavia, che allora risiedeva in Venezia. Gli avanzi di tanto splendore si possono ancora ammirare in Mantova al Castello, al Palazzo ducale nella Sala della Grotta. E la piú fine dama del Rinascimento italiano, esaltata dall'Ariosto, volle che Leonardo la ritraesse in disegno e in pittura poi. Leonardo consentí e fece due ritratti a carbone: uno tenne con sé e doveva servire per la pittura, l'altro lasciò alla marchesa. E se ne hanno documenti certi, tratti dall'archivio di Mantova; infatti il Gusnasco, scrivendo (marzo 1500) alla marchesana, la informa che Lionardo è a Venezia «el quale m'a mostrato uno retrato de la S.ª V.ª che è molto naturale a quela. Sta tanto bene fato, non è possibile melio».

E Isabella, un anno dopo, pregando Leonardo per altre commissioni, desiderava avere altra copia dello « schizzo del retracto nostro» avendo il suo consorte donato quello « che 'l ce lassò qua ». Le insistenze si rinnovano nel 1504: in cui si conferma che essa fu ritratta « de carbono ».

La pittura non fu mai eseguita e sullo schizzo a carbone si hanno non poche incertezze. Pare sia quello del Louvre.

In marzo dunque Leonardo è a Venezia, in un periodo triste e grave per la grande repubblica, sotto la minaccia dei Turchi che avevano invaso il Friuli e disfatto a Lepanto nel 1499 (piú precisamente a Zonchio) il capitano generale Antonio Maria Grimani, di cui al dire del Sanuto, i veneziani cantavano:

ruina de' cristiani, rebello de' veneziani.

Il Grimani, esiliato a Cherso, si era poi rifugiato in Roma presso il figlio cardinale Domenico.

Nel *Cod. Atl.* ci sono conservate due o tre minute di lettere (che furono cancellate) e dirette forse ai capi dell'ufficio per le armi e le fortificazioni, in cui si propone lo sbarramento dell'Isonzo, affinché gli invasori «siano ruinati e disfatti dalle inondazioni». E questo verrà piú tardi ricordato nel *Cod. Arundel:* «Facciasi il serraglio mobile che io ordinai nel Frigoli, del quale aperto una cateratta l'acqua che di quella usciva, cavava il fondo... ». Le provvidenze proposte furono dunque accettate ed ebbero principio di esecuzione? Non è provato; ma è certo che Leonardo abbia fatto un sopraluogo, perché, sempre nell'*Atl.*, nota: « Ponte di Gorizia, Vilpago alta »; e poi: « Bombarda... Vi-

nezia, al modo che io detti a Gradisca... friglioli » (forse va letto Frigoli). Che poi a Venezia abbia potuto direttamente osservare il flusso e reflusso del mare, non si esclude; per quanto si può ricavare dalla nota del *Codice Leicester* (che è degli anni 1504-1506): « come il frusso e refrusso non è generale, perché in riviera di Genova non fa niente, a Venezia due braccia... ». Che poi proprio in Venezia Leonardo abbia pensato alle insidie della guerra navale, accennate già nella lettera programma al Moro, delle quali poi diremo, non è affatto vero. Ché molte di quelle insidie sono contenute in mss. certamente appartenenti al periodo milanese.

E del breve soggiorno veneziano non sappiamo altro; e bisogna un po' sorridere alle domande ingenue di qualche recente biografo se il Salai abbia in Venezia mostrato la *Vergine delle Rocce* ai celebri pittori Giorgione e Tiziano, di appena 21 anno!

Venute le nuove della disfatta e della cattura del Moro, finite le speranze di un prossimo ritorno a Milano, Leonardo si avviò verso Firenze. E la sua presenza in patria è accertata il 24 aprile del 1500, perché in quel giorno preleva una somma dal Banco dello Spedale di S.ta Maria Nova.

Ora vi tornava colla convinzione di restarvi, pur memore di qualche suo breve ritorno, come dicemmo, per il parere sulla sala del Gran Consiglio. Ma ancor qui quali cambiamenti e quali tragedie.

Fondata dopo il 1494 e la cacciata dei Medici, la repubblica teocratica di Fra' Girolamo Savonarola, anche il grande e veemente oratore e riformatore era stato travolto dalla scomunica di Alessandro VI, dalla rivolta del popolo instabile, impiccato e bruciato in Piazza della Signoria nel 1498. E Firenze tornò repubblica borghese, sotto il gonfaloniere a vita Pier Soderini, debole e inetto, e in guerra fratricida con Pisa. E si avviava fatalmente verso il principato.

Leonardo ritrovava vecchi compagni di lavoro nella bottega del Verrocchio, il Di Credi e Botticelli; amici quali Filippino Lippi. Il Vasari ci narra appunto come il Lippi cedesse a Leonardo l'incarico avuto dai monaci dell'Annunziata per la pala dell'altar maggiore, in cui doveva rappresentarsi la Sant'Anna. E Leonardo si accinse subito alla preparazione del cartone che finí l'anno dopo; esposto al pubblico destò ammirazione universale. Esso finí al Louvre; Leo-

nardo non lo colorí mai e Bernardino Luini, con lievi varianti, lo tradusse in pittura.

Ma Leonardo eseguí, con altri motivi e intendimenti, un altro cartone, di cui si hanno vari studî e disegni, a carboncino e a bianchetto che ora si conserva nella Galleria della R. Academy di Londra. Ma della attività pittorica di Leonardo si hanno notizie preziose nella lettera rinvenuta da A. Luzio, che il padre carmelitano Fra' Pietro da Nuvolara o Novellara, quaresimalista in S.ta Maria del Fiore, spediva alla marchesa di Mantova (5 aprile 1501), che insisteva, come dicemmo, per il suo ritratto e per un altro quadro. Scriveva dunque: « Questa settimana santa ho inteso la intenzione di Leonardo pittore per mezzo de Salaí suo discepolo e di alcuni altri suoi affezionati, li quali per farmela piú certa me gli menarono il mercoledí santo. Insomma li suoi esperimenti matematici l'hanno tanto distratto dal dipingere che non può patire il pennello ». Leonardo era tutto preso, come vedremo, dalle sue ricerche geometriche. E il buon frate ci dà anche notizia che se Leonardo « si potrà spiccare dalla maestà del re di Francia, senza sua disgrazia » alla piú lunga fra un mese servirebbe la marchesa. E aggiunge che stava finendo un qua-

drettino per Florimondo Robertet, segretario di Stato di Luigi XII che risiedeva a Milano. Si tratta del quadretto della *Madonna dei Fusi*, che il Frate ci descrive ed ora è perduto.

Notizie in ogni modo preziose, perché ci informano che vi erano ancora trattative e commissioni tra Leonardo e i nuovi dominatori.

Insensibilità politica? Non giudichiamo con criteri moderni e non dimentichiamo che il grande artista, italianissimo e che ha onorato superbamente la patria, è sempre un uomo del Cinquecento.

E le relazioni tra Isabella e Leonardo non finiscono ancora; ché è richiesto per un parere su preziosi vasi medicei nel maggio 1502 e poi ancora, come vedremo, nel 1504.

Leonardo, che apparentemente ha lasciato il pennello, si occupa di geometria, di meccanica e di anatomia allo spedale di S.ta Maria Nova, ove assiste alla morte di un centenario ed è del massimo interesse udire il racconto di Leonardo.

« E questo vecchio di poche ore innanzi la sua morte mi disse lui passare cento anni, e che non si sentiva alcun mancamento della persona, altro che debolezza; e cosí standosi a sedere sopra uno letto dello Spedale

di S.ta Maria Nova di Firenze, senza altro movimento o segno d'alcuno incidente, passò di questa vita. E io ne feci notomia per vedere la causa di sí dolce morte, la quale trovai venir meno per mancamento di sangue o arteria, che notria il core e gli altri membri inferiori, li quali trovai aridi, stremati e secchi. »

Ed ecco che ad un tratto Leonardo lascia effettivamente pittura e geometria e segue, alla metà del 1502, Cesare Borgia, il duca Valentino. L'astutissimo e ambiziosissimo Cesare aveva mire su Napoli, su Firenze, potentemente favorito dal padre, papa Alessandro VI. Luigi XII lo aveva soltanto aiutato nelle sue conquiste in Romagna nel 1502. Il Valentino deve aver conosciuto Leonardo a Milano, e ben valutato, da fine intenditore, tutto quanto poteva ricavare dal maestro in fatto di arte militare.

Il Valentino in pochi anni era riuscito a sottomettere tutti i tirannelli e condottieri di Romagna e fare di Cesena la capitale del suo nuovo regno, e a tenervi una corte brillante. Nel giugno 1502 Leonardo è già presso il terribile signore e di tutte le sue peregrinazioni in terra di Romagna Egli ci ha lasciato traccia in un piccolo quadernetto di appunti, l'attuale ms. *L*, conservato

all'Istituto di Francia (ha le dimensioni di cm 7 per cm 10). Il 21 giugno, Cesare si impadronisce di Urbino, scacciandone l'antico signore Guido Ubaldo da Montefeltro; e Leonardo nota « Colombara da Urbino a dí 30 di luglio 1502 » e fa uno schizzo delle « scale del conte d'Urbino salvatiche » ideate da Francesco di Giorgio Martini. Forse qui si incontra con un altro celebre fiorentino, Nicolò Machiavelli, inviato dalla repubblica come emissario presso il Borgia, di cui con preoccupazione seguiva i progressi. Il grande storico, poi, forse con troppo zelo, illustrerà e magnificherà le imprese di Cesare. Leonardo conosce tutto il valore della ricca biblioteca dei Montefeltro, di cui già dicemmo e vi ricerca il prezioso codice di Archimede. Nelle prime pagine del quadernetto dice anzi: « Borges ti farà avere Archimede dal vescovo di Padova e Vitellozzo quello da il Borgo a S. Sepolcro ». Piú tardi nell'*Atl.* ricorderà: « Archimenjde è intero appresso il fratel di monsignor di S.ta Giusta in Roma; disse averlo dato al fratello che sta in Sardigna; era prima nella libreria del duca d'Urbino; fu tolto al tempo del duca Valentino ».

Il 1° agosto è a Pesaro e ne cita la libreria; l'8 a Rimini: « fassi un'almonia colle diverse

cadute d'acqua come vedesti alla fonte di Rimini addí 8 d'agosto 1502 »; e cita la Fortezza d'Urbino, le distanze fra Imola, Bologna, Forlimpopoli. Il 10 è « alla fiera di Santo Lorenzo a Cesena »; e nel settembre a Cesenatico; disegna i bastioni, il porto e nota ancora: « Porto Ciesenatico a dí 6 di settembre 1502 a ore 15 ». Il porto-canale che congiunge Cesena col mare e ancor oggi in piena efficienza, è stato ideato e iniziato da Leonardo in quel tempo? La tradizione lo afferma, e l'opera era certamente degna del Duca e del suo ingegnere; ma nessun documento noto sta a provarlo. I superbi disegni di congegni per la escavazione dei canali; i calcoli relativi pel minimo impiego di tempo e di mano d'opera che si ammirano nel *Cod. Atl.* possono anche ben riferirsi ai canali di Lombardia di cui con certezza si è occupato Leonardo.

Pareva che il Borgia avesse in tutto trionfato e poste le salde basi di uno stato che poteva influire sui destini d'Italia, quando scoppia la ribellione dei condottieri e dei tirannelli spodestati. Guido Ubaldo rioccupa Urbino. Cesare si ritira ad Imola dove è assediato e forse sono con lui Leonardo e Machiavelli. Le note di Leonardo non ci dicono nulla; ma Egli ci lascia un documento

inestimabile: traccia la prima e vera carta topografica di una città, quella di Imola, conservata tra le carte della Biblioteca Reale al Castello di Windsor. E Cesare compie il suo capolavoro di astuzia e di malvagità, che pur desta l'incondizionata ammirazione di Machiavelli. Assediato nella cittadella di Imola, già difesa dall'eroica Caterina Sforza, tratta coi ribelli; li aduna a Senigallia e li fa tutti trucidare; liberandosi cosí di Vitellozzo, signore di Città di Castello, di Oliverotto e di due degli Orsini.

Ai primi del 1503 si impadronisce di Perugia scacciandone i Baglioni e forse Leonardo lo accompagnò fino ad Acquapendente e a Roma, ove Cesare doveva correre per soffocare la rivolta dei baroni, sempre ribelli contro l'autorità del papa. Con la morte di Alessandro VI (agosto 1503) contemporanea alla infermità di Cesare e l'avvento al papato del bollente cardinale di S. Pietro in Vinculi, Giuliano della Rovere, si chiude la tragedia dei Borgia. Ma Leonardo, non sappiamo bene la ragione, fin dal marzo aveva fatto ritorno a Firenze, e forse, dopo la pacificazione sanguinosa di Senigallia, aveva lasciato il servizio del Duca, quale architetto e ingegnere generale. Tale infatti è il titolo che nella lettera patente del Bor-

gia, del 18 agosto 1502 in Pavia, si dà a Leonardo. La lettera conservata nell'archivio Melzi-d'Eril in Milano, dice: « Ad tutti nostri Locotenenti, Castellani, Capitani, Condottieri, officiali, soldati e subditi, a li quali de questa perverrà notizia, commettemo e comandiamo che al nostro prestante e dilettissimo Familiare Architetto e Ingegnere generale Leonardo Vinci d'essa ostensore, el quale de nostra commissione ha da considerare li lochi e fortezze de li Stati nostri, a ciò che secondo la loro esigenzia e suo judicio possiamo provederli, debiano dare per tutto passo libero da qualunque publico pagamento, per sé e li soi amichevole recepto, e lassarli vedere mesurare e bene extimare quanto vorrà. E a questo effecto comandare homini e sua requisizione e prestarli qualunque adiuto, assistenzia e favore recercherà. Volendo che dall'opere da farse ne li nostri Domini qualunque Ingegneri sia astretto conferire con lui e con il parere suo confermarse. Né da questo presuma alcuno fare lo contrario per quanto li sia caro non incorrere in ne la nostra indignazione ». La lettera reca il sigillo ducale; gli abitanti di Romagna sapevano bene che cosa significasse incorrere nella indignazione del Duca.

(*Foto Alinari*)

Ritratto di Luigi Lodovico XII, Re di Francia
(Autore ignoto)

Essa è un vero e ben meritato diploma di laurea; anzi una laurea *ad honorem*!

Strana e singolare fortuna delle parole. Verso la fine di quel secolo, il vicentino Antonio Pigafetta, traduttore del *Mechanicorum liber* di un dotto meccanico, Guido Ubaldo dei marchesi Del Monte, notava che in molte parti d'Italia si dava per ischerno e villania il titolo di meccanico; e che alcuni per esser chiamati Ingegnieri prendevano sdegno!! Spiritualmente ricongiungendosi ai piú celebri ingegneri dell'antichità, Ctesibio, Erone, Archimede, Vitruvio e ai suoi piú immediati predecessori, Brunelleschi, Aristotele Fioravanti, L. B. Alberti, nessuno piú di Leonardo ha meritato il titolo di ingegnere principe, nessuno piú di lui ha onorato la nobile professione e l'ha elevata al rango di vera scienza!

Dunque in marzo 1503, accertato da un nuovo prelevamento di danaro al solito Banco, Leonardo torna a Firenze; e non pare quindi che dalla permanenza al servizio del Borgia egli abbia ricavato gran che. Veniva meglio conosciuta ed apprezzata la sua valentia di ingegnere militare e il gonfaloniere Pier Soderini lo invia al campo contro Pisa (luglio 1503) per studiare il modo di far deviare l'Arno e rovi-

nare il rivale. I progetti di Leonardo ci sono stati conservati in due disegni topografici ora al Castello di Windsor. Ma non se ne fece nulla, troppo grave e onerosa apparendo l'impresa.

Ed ai primi del 1504 un'accolta di artisti già celebri, tra cui il Perugino, Botticelli, Di Credi, esamina, con Leonardo, il luogo per erigere il colosso che un giovane di 23 anni, rude e selvaggio come i monti della nativa Caprese nel Casentino, Michelangelo Buonarroti, aveva saputo trarre da un informe e guasto blocco di marmo: il *David.* Ed è questa la prima occasione dell'incontro del giovane astro che sorge con quello che sta tramontando; dei due piú grandi genî di quell'età, cosí grandi e cosí diversi e che sventuratamente non si compresero.

Ancora nel maggio 1504 la marchesana di Mantova tornava a insistere presso Leonardo perché mantenesse le promesse fattele e di cui si è discorso. Il latore della lettera, Andrea del Tovaglia, rispondeva con molta arguzia e verità e da buon conoscitore bellamente fotografa il carattere di Leonardo. Scrive infatti: « Io non mancherò de solecitare et esso Leonardo et etiam lo Perugino de quella altra; l'uno et l'altro mi promette bene et pare habbino desiderio

grande de servire la S.ª V.ª tamen me dubito non habbino a fare insieme ad gara de tarditate; non so in questo chi supererà l'altro; tengo per certo Lionardo habbi a essere vincitore, tuttavia dal campo mio con ambedui farò estrema diligentia ». Vana speranza e la marchesa tornava a insistere per l'ultima volta, nell'ottobre; e lo prega che: « quando seti fastidito de la historia fiorentina vogliate per recreatione mettervi a fare questa figuretta... ». La istoria fiorentina qui accennata è la pittura murale della *Battaglia d'Anghiari*, ben a ragione designata col nome di "Battaglia dei Cartoni" tra Leonardo e Michelangelo.

Terminata la Sala del Gran Consiglio coi suggerimenti di sommi artisti quali Leonardo, Giuliano da Sangallo, il Cronaca (Simone Pollaiuolo) e Michelangelo, dal Gonfaloniere e dal popolo fiorentino si vollero adornare le due grandi opposte pareti con due pitture murali che rievocavano glorie guerriere fiorentine.

Leonardo alla fine del 1503 ebbe l'incarico di una delle due pitture e pochi mesi dopo, nel 1504, Michelangelo quello dell'altra. Leonardo scelse per tema la *Battaglia d'Anghiari* (29 giugno 1448) vinta dai fiorentini e dalle soldatesche del papa contro quelle

milanesi del duca Filippo Maria Visconti, comandate da un gran capitano, Niccolò Piccinino. Michelangelo scelse un episodio della guerra di Pisa, la *Battaglia di Cascina.* Furono preparati i cartoni; Leonardo ne cominciò la pittura che andò perduta; Michelangelo non dipinse nulla.

Il Cellini ci ha lasciato un bel ricordo; egli scrive: « Stettero i due cartoni uno nel palazzo de' Medici, e uno nella Sala del Papa. In mentre che gli stettero in piè, furno la scuola del mondo ». Poi anch'essi perivano! Quale sventura per l'arte; quale perduta immensa gloria per la Sala del Gran Consiglio, se avesse ospitato le due opere dei due grandi genî italiani: avremmo avuto, come hanno osservato Lionello Venturi e il De Rinaldis, due soluzioni del problema del rilievo chiaroscurato che Masaccio aveva suggerito ai quattrocentisti: quella scultorea di Michelangelo, che pareva scolpisse pur quando dipingeva su intonaco; e quella pittorica o luministica di Leonardo.

Leonardo ha parlato nel *Trattato della Pittura* del modo di rappresentare una battaglia quando sempre piú si diffondeva e perfezionava l'uso delle nuove armi da fuoco. Nel *Cod. Atl.* si trova scritto un sunto della Battaglia d'Anghiari, coi nomi dei ca-

pitani fiorentini, non di mano di Leonardo, suggerito forse dal Machiavelli; e testimonia dello scrupolo dell'artista nella preparazione del tema. Nella sala del Papa in S.ta Maria Novella inizia i preparativi per la preparazione del cartone il 24 ottobre 1503 e negli archivi fiorentini si conservano le note di spese per quanto potesse occorrere al maestro in carta, colori, legname, per la preparazione dello « edificio artificiosissimo » del cavalletto meccanico, delle sue retribuzioni e che vanno fino quasi a tutto il 1505.

Poi Leonardo cominciò la pittura, ricavando da Plinio una nuova ricetta per la miscela e la composizione dei colori. Un gran fuoco acceso per far più celermente asciugare il dipinto, fe' decomporre e scolorire il già fatto. Leonardo abbandonò l'impresa. Cosí ci ha raccontato l'anonimo Gaddiano ed in fondo lo confermano il Giovio e il Vasari. E del dipinto e del cartone altro non resta che pochi disegni incompleti, tra cui quello di Rubens dell'episodio della bandiera che fu la sola parte del cartone trasferita in pittura! Michelangelo pure abbandonò il suo lavoro ed aveva lasciato Firenze chiamato a Roma dal papa Giulio II.

Un altro dipinto, che quasi tutti assegnano

a questo periodo, è quello famosissimo della *Gioconda.* E sulla persona ritrattata, sulla storia delle sue peregrinazioni regna mistero e confusione; tanto che anche dopo molteplici ricerche non si sa proprio rispondere in modo esauriente alla naturale e spontanea domanda: chi era la Gioconda?

Il Vasari scrive: « Prese Lionardo a fare per Francesco del Giocondo il ritratto di Monna Lisa sua moglie; e quattro anni penatovi lo lasciò imperfetto; la quale opera oggi è appresso il re Francesco di Francia a Fontanableo ». L'attribuzione è dunque del Vasari. Il quadro, portato in Francia da Leonardo, restò a Fontainebleau poi a Versailles e dopo la rivoluzione fu trasportato al Louvre di cui è ancora uno dei piú fulgidi ornamenti. È ben nota la commozione di tutto il mondo quando esso fu trafugato il 21 agosto 1911; ritrovato a Firenze due anni piú tardi, dopo essere stato oggetto di un vero trionfo a Firenze, Roma, Milano, fu restituito al Louvre.

Le ricerche di Giovanni Poggi hanno accertato che Monna Lisa era fiorentina, nata da Anton Maria di Noldo Gherardini, del quartiere di Santo Spirito, popolo di S. Felicita. Nella portata del catasto del 1480 si rileva che la sua famiglia contava già:

« Lisa mia figliuola d'età anni uno senza principio di dote ignuna ». Era dunque nata nel 1479; e a sedici anni fu terza sposa di Francesco del Giocondo nel 1495, che ne aveva 35. Nel 1499 mentre era uno dei dodici "bonommi" perdette una figlia che fu « riposta in S.ta Maria Novella »; particolare da porre in relazione col lungo velo nero che adorna Monna Lisa. Se Leonardo la ritrasse nel 1505, ella poteva avere 24 o 26 anni.

Vasari raccoglieva forse una vecchia tradizione. È essa ben fondata? Ed è qui che nascono i dubbî. E non pochi hanno sostenuto che si tratti invece del ritratto di Ginevra Benci, perché la descrizione che ne fa il Vasari non corrisponde esattamente al dipinto.

Altri ancora ha supposto trattarsi del ritratto di una dama fiorentina che Leonardo dipinse per il Magnifico Giuliano de' Medici e che questi restituí a Roma al maestro per evitare le gelosie della novella sposa Filiberta di Savoia. Certo è che il De Beatis, nel già piú volte citato *Itinerario*, vide nello studio di Leonardo, nel castello di Cloux, tre quadri: « Uno di certa dona fiorentina fatta di naturale ad instantia del quondam magnifico Juliano de' Medici ».

Gli altri due sono quelli della S.ta Anna et S. Giovanni. D'altra parte il De Rinaldis crede poter escludere che il dipinto poté essere eseguito a Roma e quindi dopo il 1513; sicché parrebbe che, eseguito a Firenze prima del 1505, sia stato restituito a Roma nel 1513. E come se ciò non bastasse, e pur sorvolando sul fatto che la lentezza di Leonardo, tutto preso in quel tempo dalla composizione del cartone della *Battaglia d'Anghiari*, mal si presta a ritenere che attendesse al ritratto di Monna Lisa, B. Croce fondandosi su di un poemetto di Enea Irpino, che è un canzoniere d'amore per Costanza d'Avalos, ritenne che in Roma nel 1502 Leonardo dipingesse il ritratto di Costanza duchessa di Francavilla; ciò dà occasione al Venturi di fare un passo indietro e di identificare il ritratto famoso con quello della vedova di Federico del Balzo, che difese strenuamente l'isola d'Ischia, insieme al gran Consalvo; ed eseguito in Firenze e non in Roma, verso il 1501! E si è rintracciato anche un pagamento di dogana fatto da Leonardo nel 1505 per vestimenti (di lutto?) inviati da Roma. E tanto per finire: negli inventari del re il quadro è indicato come: « *une courtisane au voile de gaze* ». Chi dunque era la Gioconda?

In ogni modo, pur colle gravi preoccupazioni e le sventure delle sue pitture, Leonardo si consola coi suoi studî geometrici e scientifici. Incomincia il 12 luglio 1505 il primo dei *Codicetti Forster* che contiene forse il solo trattato ben ordinato e pronto per la stampa che egli abbia scritto o almeno il solo che ci sia pervenuto; un libro « titolato de strasformazione cioè d'un corpo 'n un altro sanza diminuzione o accrescimento di materia » ed occupa le prime 40 pagine del codicetto. E dopo il disastro della pittura nella Sala del Gran Consiglio, Egli trova pace e conforto nella ospitale casa fiesolana del canonico Alessandro Amadori, fratello della sua prima e dolce matrigna Albiera. E qui riprende i suoi studî sul volo degli uccelli e sul volo strumentale o meccanico o per lo "strumento". Qui imposta su di un nuovo e piú razionale punto di vista il problema, imitando il volo dei grandi uccelli di rapina e nei suoi appunti nota il volo del cortone proprio addí 14 di marzo 1505, veduto nell'andare a Fiesole; e qui dové pensare al "primo volo" per favor di vento o volo a vela dal monte Ceceri, dal nome dei grandi cigni che si trovavano in esso. E ne riparleremo a suo tempo.

Nel *Codice sul volo degli uccelli* Egli

scrive in due passi famosi: « Dal monte che tiene il nome del grande uccello piglierà il volo il famoso uccello ch'enpierà il mondo di sua gran fama ». « Piglierà il primo volo il grande uccello dal dosso del suo magnio Cecero, enpiendo l'universo di stupore, enpiendo di sua fama tutte le scritture e groria eterna al loco dove nacque. » Il volo non fu eseguito altro che nella troppo fervida fantasia dei romanzieri; ne mostrò la possibilità, col sagrifizio della vita, ai nostri giorni un audace, un eroe, Otto Lilienthal e sul monumento che gli fu eretto, degno epitaffio, furono scolpite le profetiche parole del precursore.

Ha Leonardo tentato di volare? Il grande matematico Girolamo Cardano che in casa di suo padre Fazio può da giovinetto aver conosciuto Leonardo e sentito almeno delle sue grandi qualità, e a cui forse non sono restati del tutto ignoti i manoscritti, in passi del *De subtilitate* scrive: « *Volandi inventum, quod nuper tentatum a duobus, illis pessime cessit; Vincius, de quo supra diximus, tentavit et frustra: hic pictor fuit egregius* ». Ma forse confonde coll'infelice tentativo di G. B. Danti di Perugia, detto Dedalo, che provò un suo congegno: cadde

e a buon mercato se la cavò rompendosi una gamba.

In un altro passo deprime l'anatomia di Leonardo in confronto di Vesalio.

Il 9 luglio muore il padre di Leonardo; ed Egli nota: « a dí 7 di luglio, mercoledí a ore sette morí ser Piero da Vinci, notaio al palazzo della Signoria, mio padre, a ore 7, era d'età d'anni 80; lasciò dieci maschi e due femmine ».

Un arido e secco ricordo! Quanto poi alle sue relazioni coi fratelli, tanto distanti da Leonardo, non furono troppo cordiali. Era illegittimo e, per legge, nessun diritto aveva sull'eredità paterna: e per quella dello zio Francesco, fratello di Ser Piero, gli mossero lite, come diremo. Nel *Codice Atl.* ci sono conservati alcuni abbozzi di lettera al fratello Domenico. Questi gli aveva comunicato la nascita di un figliuolo e Leonardo lo ammonisce a non rallegrarsene troppo. Nel 30 aprile si ha un lodo provvisorio tra i legittimi eredi di Ser Piero; ma Leonardo non vi intervenne. Non erano intanto del tutto troncate le sue relazioni con Milano, dove lo reclamavano interessi privati, e coi nuovi dominatori; e prima di tutto la lite cogli "scolari" della Concezione di S. Francesco per il richiesto soprapprezzo della

Vergine delle Rocce. Dopo una regolare citazione del procuratore dei frati nel 1503, si rileva dal lodo del 27 aprile 1507 che la parte centrale dell'ancona non era ancora compiuta; si fa obbligo a Leonardo di tornare a Milano e finire il quadro entro due anni. Leonardo, come diremo, non tornò a Milano che l'anno dopo; ricevé il soprapprezzo (23 maggio 1508) e da allora comparvero le due meravigliose tavole di cui già dicemmo.

Detto questo per completare la intricata storia del celebre dipinto, e ritornando al periodo fiorentino, Leonardo coi suoi appunti mostra di essersi occupato della canalizzazione dell'Arno, di cui intuisce tutta la portata e i grandi benefizî che avrebbe arrecato a Prato e Pistoia: « Drizzare Arno di sotto e di sopra, s'avanzerà un tesoro a tanto per istaioro a chi lo vuole ». E raccoglie ancora in quel *Codice Leicester* che abbraccia appunto il periodo 1504-1506, tutti i suoi studî idraulici, sui problemi della terra, studî di cosmografia; e i suoi studî geometrici sulle trasformazioni dei solidi nel *I° Codicetto Forster*, iniziato il 12 luglio 1505.

Interessi materiali, quello della sua vigna, lo richiamavano a Milano; ed Egli, che ha sempre l'obbligo di finire la pittura della

Battaglia d'Anghiari, chiede ed ottiene dalla Signoria (30 maggio 1506) la licenza di partire, obbligandosi, con regolare contratto, a tornare entro tre mesi; e, non tornando, a pagare una penalità di 150 fiorini d'oro da prelevarsi dal suo credito presso il Banco di S.ta Maria Novella.

Ed ecco dunque Leonardo nuovamente a Milano, governata a nome del re di Francia da Carlo di Chaumont, duca d'Amboise e maresciallo di Francia, di cui Leonardo guadagna subito la benevolenza e l'alta protezione. Passano i tre mesi del congedo; ma Leonardo non si muove ed il 18 agosto, lo Chaumont chiede a Firenze una proroga « afin ch'el possa dimorare ad Milano et in dicto tempo fornire certa opera nostra ». Pare che il Soderini avesse accordata la proroga, pur di riavere il danaro che era stato anticipato; ma poi risolutamente esigeva che Leonardo tornasse a finire l'opera cominciata! E lo Chaumont nel dicembre si fa di nuovo a scusare Leonardo che è occupato « de disegni et architectura et altre cose pertinenti alla condictione nostra » e Leonardo resta perché ha trovato un ben piú alto e potente protettore in Luigi XII, alleato prezioso dei Fiorentini. Prima a mezzo dell'ambasciatore fiorentino presso il re,

Francesco Pandolfini, e poi con una lettera dello stesso Luigi da Blois e dei primi del gennaio 1507, si chiede una licenza illimitata; a tanto intercessor nulla si niega. Leonardo non sarà piú disturbato e la parentesi della gran pittura murale nella Sala del Gran Consiglio è chiusa per sempre!

Le opere di architettura cui fa cenno lo Chaumont si crede siano il progetto di una superba villa che doveva sorgere presso il Naviglio e su cui il Calvi ha dato cosí ampie notizie, « ricca di tutti gli abbellimenti che la genialità di Leonardo sapesse immaginare ».

Un primo segno del riconoscimento dell'opera di Leonardo si ha (20 aprile 1507) nella riconferma del possesso della vigna che gli fu rimessa nel primo stato.

Inizia nell'estate dello stesso anno gli studî per la sistemazione dell'Adda e forse in questa occasione, condottosi a Vaprio, saranno incominciate le relazioni colla famiglia Melzi e soprattutto col giovane Francesco, figlio di Gerolamo capitano della milizia milanese nel nuovo regime, amantissimo di arte; e presto divenne l'allievo preferito di Leonardo; ne fu il compagno piú fedele, l'erede spirituale e non lo lasciò che alla morte.

Nel maggio Luigi XII era tornato a Milano e avrà certamente meglio apprezzato la potenza del genio di Leonardo. E gli vengono concesse dal re dodici oncie d'acqua del Naviglio Grande, redditizie per la cessione a scopo di irrigazione.

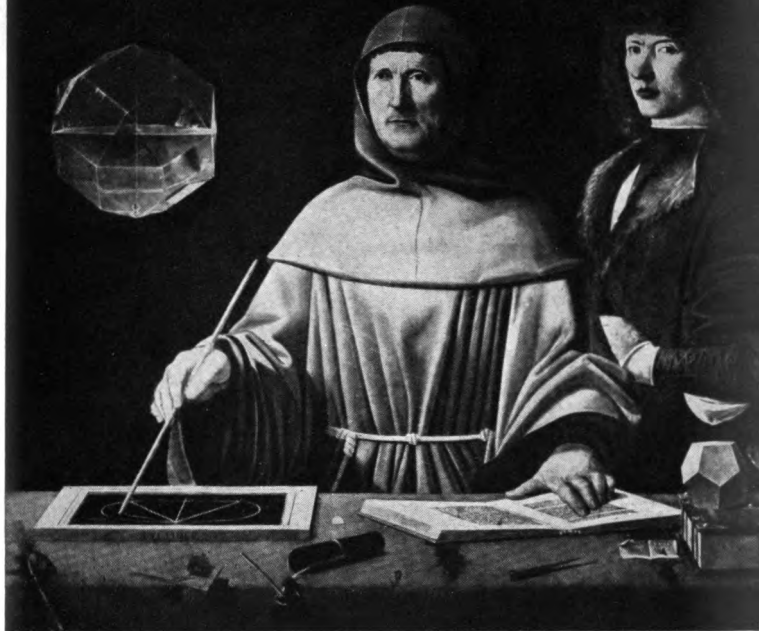
Intanto la lite coi fratelli volgeva al suo epilogo. In settembre Leonardo torna a Firenze, ospite di Piero di Baccio Martelli, in via dei Martelli. Il Martelli è nominato dagli scrittori fiorentini come uno dei dotti frequentatori degli Orti Oricellari, dotto in latino, greco ed ebraico; gli si attribuisce un trattato, in quattro libri, di matematica che furono rubati o andarono sperduti. E quivi si ritrovò con uno scultore, Giovanfrancesco Rustici, che stava modellando le tre statue di bronzo per la porta del Battistero; ed è ben a credere, secondo narra il Vasari, che non gli mancò l'aiuto di Leonardo.

Leonardo aveva invocato l'interessamento, secondo giustizia, dei suoi potenti patroni e tra questi anche quello del cardinale Ippolito d'Este. Una lettera di Leonardo da Firenze in data 18 settembre 1507 al cardinale è conservata a Modena.

La lite va per le lunghe ed Egli deve ancora differire il suo ritorno a Milano dove pur lo reclamano protettore ed allievi.

E da Firenze scrive allo Chaumont (la minuta della lettera ci è stata conservata nel *Cod. Atl.*): « Hora io mando costí Salaí per fare intendere a V.ª E.ª come io son quasi al fine del mio litigio co' mia fratelli, e come io credo esser costà in questa Pasqua, e portare con mecho due quadri dove sono due nostra Donne di varia grandezza, le quale io ò cominciate pel cristianissimo o per chi a voi piaccia ».

Le battaglie dei critici non sono riuscite a identificare i due quadri di cui parla Leonardo; mentre attribuiscono a questo periodo gli ultimi disegni vinciani tra cui gli studî pel *S. Giovanni Battista*, per la *Leda* e per la *Flora*. Il famoso quadro della *Leda* che si ammira oggi alla Galleria Borghese a Roma è stato eseguito, sulla scorta di un cartone di Leonardo, e non si sa da chi. Ed è in ogni modo in Firenze, nella ospitale casa dei Martelli, che in un momento di pace e di serenità Leonardo comincia a trascrivere dai suoi piccoli quaderni di appunti le sue ricerche e le sue scoperte in meccanica fatte nel suo primo soggiorno milanese; inizia cioè il 22 marzo 1508 le prime pagine di quello che ora chiamiamo il *Codice Arundel.*

Seguita a riscuotere la provvigione di Fi-

(*Foto Alinar*

Fra' Luca Pacioli
(Iacopo de' Barbari?)

renze e a mezzo dell'anno è nuovamente a Milano.

E già si prospetta una nuova guerra: l'Italia è di nuovo a ferro e fuoco: il Papa, il bollente Giulio II, il re di Francia, l'imperatore, Ferdinando il Cattolico, tutti si collegano contro Venezia nella nota lega di Cambrai, del dicembre 1508.

L'esercito francese, attraversata l'Adda, riportava il 14 giugno 1509 la vittoria di Agnadello e invadeva il territorio veneto. Leonardo, che accompagnò il re di Francia, ci ha lasciato ricordo e rilievi dei suoi itinerari, durante la breve conquista, delle valli dell'Oglio, del Serio, Brembana, Trompia, del lago d'Iseo, ora a Windsor; ricorda i luoghi della battaglia « posto di Cassano sull'Adda ».

Tornata la pace, era tornato ai suoi studî idraulici e dell'Adda e pel canale della Martesana e di quello di S. Cristofano: una nota del *Cod. Atl.* reca infatti: « Navilio di S. Cristofano in Milano facto addí 3 di maggio 1509 ».

Leonardo, disegnando e studiando i laghetti della Brianza voleva progettare una nuova via d'acqua che eliminasse le pericolose rapide dell'Adda, col canale di Bri-

vio di cui ricorre spesso il nome nei fogli dell'*Atlantico.*

Già fin dal 12 settembre 1508, felicemente finita la lite coi fratelli, aveva iniziato un nuovo quaderno di appunti, il *Codice F.* E che si occupava già di quelle questioni geometriche sulla quadratura delle lunule lo prova un foglio delle carte di Windsor, datato 28 aprile 1509.

Gli studî anatomici, mai smessi, tornano nel 1510 ad occuparlo potentemente.

« Questa vernata del 510 credo spedire tutta tal notomia. » Tale fervore è stato originato dall'incontro di Leonardo con un giovane e valente scienziato veronese, Marc'Antonio della Torre (1481-1511), professore prima alla Università degli artisti a Padova, poi a Pavia, e che appena trentenne moriva a Riva di Trento.

Nuovi eventi guerreschi stavano ancora per sconvolgere l'Italia e turbare la vita di Leonardo. Ai primi del 1511 Egli perde il suo gran protettore, lo Chaumont. Il nuovo governatore di Milano, il giovanissimo Gastone di Foix, duca di Nemours, nipote del re Luigi, era troppo guerriero per poter apprezzare un Leonardo.

Le malfide alleanze svaniscono presto. Troppo tardi Giulio II, che da cardinale e

da papa aveva favorito le invasioni francesi, lanciava il grido di « fuori i barbari ». Umiliata ad Agnadello, ma non doma, la fiera repubblica veneta, si fanno subito altri accordi per scacciare i francesi di Lombardia, dopo che Luigi XII aveva indetto a Tours un concilio per deporre il papa; e si forma la Lega Santa: gli amici di ieri si collegano coi veneziani contro re Luigi; e scoppia una nuova sanguinosa guerra in cui Gastone di Foix ha mezzo di affermarsi un gran capitano.

Occupa fulmineamente Bologna, poi la ribelle Brescia che mette a ferro e fuoco (10 febbraio 1512); un fanciullo di sei anni, che poi diventerà un gran matematico, Niccolò Tartaglia, portò per tutta la vita i segni della ferocia di quelle soldatesche. Il grande capitano affronta in una grande e sanguinosa battaglia campale presso Ravenna (11 aprile 1512) le agguerrite milizie spagnuole, ritenute le prime del mondo e le vince; ma egli lascia la vita sul campo. Fra i prigionieri si trovava lo stesso legato pontificio, il cardinale Giovanni de' Medici, secondo figlio di Lorenzo il Magnifico, esiliato da Firenze, il futuro Leone X; condotto a Milano prigioniero del cardinale Federigo Sanseverino, legato di Luigi XII, romanzesca-

mente poté fuggire, mentre attraversava il Po per esser condotto in Francia.

Le conseguenze della morte del de Foix furono funeste per la dominazione francese e pei fiorentini alleati del re; e quindi anche per Leonardo. Giulio II diè mano libera ai Medici pel loro ritorno a Firenze riconoscendo i diritti di Lorenzo figlio di Piero (primogenito del Magnifico e che seguendo le male sorti dei francesi si era annegato nel Garigliano). I Medici tornarono coll'aiuto degli spagnuoli che, in nobile gara coi francesi, misero a ferro e fuoco la misera Prato. La repubblica del Soderini cadde ignominiosamente e non si riabiliterà che quindici anni piú tardi. Soderini è costretto a fuggire e ripara, esule, a Ragusa, col dolore di non aver potuto compiere l'opera commessa a Leonardo e Michelangelo. Finí poi i suoi giorni a Roma, perdonato dal "saggio" Leone X. Il 1° settembre, Giuliano de' Medici, il terzo dei figli del Magnifico, e il nipote Lorenzo, sono accolti trionfalmente a Firenze che ha l'illusione del ritorno dei felici tempi passati.

Ed in Milano, col solito aiuto degli Svizzeri guidati dal cardinale Sliner, rientra il 29 dicembre 1512 il figlio del Moro, Massimiliano Sforza, che doveva cedere ai suoi

sostenitori la Valtellina, Bellinzona, Locarno e Lugano.

Della rovina della bella terra lombarda è qualche fugace accenno nei mss. di Leonardo: « A dí 10 di dicembre a ore 15 fu appiccato il fuoco »; « a dí 18 di dicembre fu fatto questo secondo incendio da svizzeri in Milano... ».

Leonardo, troppo legato ai precedenti dominatori, dovette cadere in disgrazia e se pur non fu molestato, stimò opportuno allontanarsi da Milano. Una nota dei quaderni di anatomia porta infatti la data: « 2 gennaio 1513. Vaprio ». Era nella ospitale casa dei Melzi.

Moriva intanto ai primi del 1513 il papa Giulio II e l'11 maggio saliva al trono pontificale il cardinale Giovanni de' Medici, Leone X. Parve che una nuova èra per le arti e le lettere si iniziasse in Roma, cui si rivolsero le mire e le speranze di tutti gli artisti e letterati d'Italia e quindi di Leonardo, che patirà l'ultima amara delusione.

Nel ms. *E* Leonardo scrive:

« Partii da Milano per Roma, addí 24 settembre 1513 con Giovan Francesco de' Melzi, Salaí, Lorenzo e il Fanfoia. »

Leonardo aveva già superato i sessant'anni!

CAPITOLO IV

IN ROMA ALL'INIZIO DEL SECOL D'ORO

Soggiorno nel Belvedere e lavori scientifici. Viaggio in alta Italia. Partenza per la Francia.

NEL *Libretto delli Conti 1513* dell'Archivio della Fabbrica di S. Pietro, segnalato dal Giovannoni, si legge un appunto, illustrato da Corrado Ricci: « Qui a piè si farà richordo di tutti i lavori fatti fare da m. Giuliano Lenno in palazzo e altrove veduti questo dí primo di dicembre 1513 per m. Rinieri da Pisa e m. Bartolomeo Marinari e per me Francesco Magaloti ». E poi a carta 28 del Libretto I: « Cose sanno affare a Belvedere nelle stanze di m. Lionardo da Vinci ».

Partito da Milano, dopo una breve sosta a Firenze (10 ottobre 1513) in cui Leonardo deposita al solito Banco trecento fiorini d'oro, Egli è in Roma ai primi di dicembre ed è al servizio del Magnifico Giuliano, fratello minore del Papa, Gonfaloniere e capitano generale delle milizie della Chiesa, futuro duca di Parma e Piacenza e di Nemours.

Leonardo può aver conosciuto i due fratelli Giovanni e Giuliano in Milano, nel loro

esilio del 1496, e Giovanni nella sua prigionia dopo la battaglia di Ravenna presso i Sanseverino. I due fratelli avevano ereditato dal padre il grande amore per le arti e per le lettere; ma Giuliano, che a innegabili virtú accoppiava grandemente i vizî dei tempi corrotti, era altresí appassionato per gli studî scientifici e soprattutto delle arti occulte e desideroso di affermarsi in qualche grande opera: ebbe, come diremo, l'idea di bonificare le paludi Pontine. Fra' Giocondo da Verona, umanista, ingegnere, idraulico, editore con Aldo Manuzio; reduce dalla Francia, ove in Parigi aveva costruito due ponti sulla Senna, tra cui quello di Notre Dame, il condotto di Blois (rammentato nel ms. *K* da Leonardo); aveva curata la edizione veneta (1511) dei dieci libri della architettura di Vitruvio; e poi quella fiorentina dei Giunta che è dedicata al Magnifico Giuliano. Troppo naturale dunque che Leonardo, già famoso come artista e come ingegnere e meccanico, entrasse al servizio di questo suo nuovo e potente protettore, piú del Papa capace di apprezzare il genio di Leonardo. Il fatto che Leonardo apparteneva alla famiglia di Giuliano, alla fine del 1513, spiega perché il suo nome non figuri tra coloro che presenziarono in Roma

le grandi feste (13 settembre 1513) date pel conferimento del patriziato romano a Giuliano, che lasciava il nipote Lorenzo arbitro di Firenze; e anche perché il suo nome non figuri nei *Regesta* di Leone X, nè nel *Diario* del cerimoniere De Grassi, né nel *Rotulus familiae Leonis X*, tutti oramai pubblicati.

Leonardo veniva in Roma quando da parte dei piú grandi artisti italiani si accentuava quella febbre edilizia e quella rinascita di Roma, una delle grandi glorie di Leone X, che pur ebbe la colpa di non saper sfruttare il genio di Leonardo e di Michelangelo e lasciò che si partissero da Roma.

Continuava, con ritmo accelerato, quel rinnovamento edilizio già iniziatosi nella seconda metà del Quattrocento coi grandi papi umanisti o guerrieri, e che avevano tolto l'eterna Roma da quello stato di ignominia, di decadimento civile e morale in cui era piombata, unico e triste esempio fra tutti i floridi comuni d'Italia, e insanguinata dalle continue lotte dei suoi rozzi baroni tra di loro e col papato.

Leonardo vi giungeva quando già Michelangelo, sotto Giulio II aveva dipinto la Sistina; attendeva al *Mosé*, una delle tante

statue che dovevano ornare il monumento funebre del papa guerriero; in cui l'astro del giovane Raffaello brillava in tutto il suo splendore e si iniziavano le pitture delle famose Stanze e della superba Sala della Segnatura; in cui Bramante attendeva alla costruzione della grande Basilica di S. Pietro e quando il Sodoma, dipinta la vôlta della detta celebre stanza, affrescava le sale della elegante casina del ricco banchiere senese Agostino Chigi, sulle sponde del Tevere, la Farnesina; in cui i maggiori letterati facevano brillare la corte del grande papa, tali il Bembo, il cardinal di Bibbiena e in Roma convenivano, ambasciatori di Mantova e di Ferrara, l'autore celebrato del *Cortegiano*, Baldassare Castiglione, e Lodovico Ariosto.

Vi ritrovava vecchi amici: Bramante, morto però nell'anno dopo (1514); Giuliano da Sangallo, Fra' Giocondo, Raffaello e Luca Pacioli, il cui nome figura tra quelli degli ottanta professori che a novembre 1514 dovevano insegnare nella riformata Università romana e ancora fra i cubiculari di Leone X e che deve esser morto poco dopo piú che ottantenne; tutti piú o meno adibiti dal Papa a qualche grande opera.

Leonardo è tenuto in disparte. Nella co-

struzione eseguita dal Bramante per Giulio II e detta del Belvedere, Egli ha il suo studio, il suo laboratorio, con due aiuti e meccanici tedeschi, Giovanni degli Specchi e m. Giorgio; e fa esperimenti di ogni genere. Si occupa di costruire specchi parabolici; di anatomia; di geologia e di geometria, precisamente: *De ludo geometrico* « nel quale si dà il processo d'infinite varietà di quadrature di superfitie di lati curvi » (sono le famose lunule, di cui ha cominciato ad occuparsi a Milano sin dal 1509) ci fa conoscere, nell'*Atl.* dove in numerosissimi fogli sono contenute fittissime figure e ricerche, e che il volume che forse scriveva ora: « finito addí 7 di luglio, a ore 23, a Belvedere, nello studio fattomi dal Magnifico, 1514 ». E i mss. *E* e *G*, quest'ultimo soprattutto importantissimo per gli estratti che poi costituirono il *Trattato della Pittura*, sono, al pari di numerosi fogli del *Cod. Atl.*, di questo periodo romano.

Leonardo contrae nuove amicizie: con un ricco prelato Baldassare Turini da Pescia che aveva una villa al Gianicolo (ora l'elegante villino Lante) e pel quale, al dire del Vasari che li vide, Leonardo fece due quadri di madonne, ora perduti; con M.r Battista dell'Aquila (G. B. Branconi) favorito

di Leone X, amico di Raffaello, protettore di artisti e letterati, che ha « il mio libro nelle mani: *De vocie* » scrive Leonardo.

Ed altri appunti romani in *Arundel*, notano: «Marcantonio Colonna in sancto Apostolo » dove si accenna il condottiero della famosissima baronale famiglia romana, che, morto Giuliano, comandava un piccolo esercito inviato in osservazione sulle rive del Po; « fatti disegnare dove sono i nicchi a Monte Mari » accenno ai fossili marini di Roma. E provvede alla « stalla del Magnifico ». Di questo periodo sono le sue controversie coi due artefici tedeschi.

In un foglio del *Cod. Atl.*, 92 R b, troviamo l'abbozzo di un reclamo rivolto al Magnifico: « Sommi accertificato che esso lavora a tutti e che fa bottega per il popolo; per la qual cosa io non voglio che lavori per me a provvisione, ma ch'e si pigli de' lavori che fa per me; e perch'elli è bottega e casa dal M.co, che sia tenuto a mandarmi i lavori del M.co innanzi a tutti ». In un altro foglio, altra minuta, in cui si rallegra della riacquistata salute del Magnifico, si continua a lagnare di questo ingannatore tedesco, che vuol vada ad abitare con lui; farebbe piantare un desco sotto una finestra dove « lui potesse lavorare di lima e

finire le cose di sotto fabbricate, e cosí vedrei al continuo l'opera che lui facessi, e con facilità si ricorreggerebbe. E oltre di questo, imparerebbe la lingua taliana, mediante la quale lui con facilità parlare potrebbe senza interpetre ».

Un vero e grazioso quadretto che rivela anche il modo con cui Leonardo sorvegliava la costruzione delle sue macchine. E lo stesso *Cod. Atl.* ci conserva un'altra minuta al Magnifico, piena di accuse contro questo Giovan tedesco che fa li specchi e se la spassa cogli svizzeri della guardia « ammazzando uccelli per queste anticaglie ».

In altro punto, assai interessante, viene in scena un altro tedesco: m. Giorgio: « Quest'altro m'à impedito l'anatomia col papa, biasimandola, e cosí allo spedale, e empié di botteghe da specchi tutto questo Belvedere o lavoranti e cosí ha fatto nella stanzia di maestro Giorgio. Questo non fece opera nessuna, che ogni giorno non conferissi con Giovanni, il quale lo bandiva, e bandiva per la terra, dicendo lui esser maestro di tale arte e quel che lui non intendeva diceva io non sapere quello che far mi volessi, accusando me della sua ignoranza ».

Leonardo poté liberarsi di Giovanni; ma

non di Giorgio che era ancora col maestro a Bologna nel 1515.

E a questo periodo romano e al tedesco si riconnette la poca chiara questione del tornio ovale; nell'*Atl.* Leonardo nota infatti: « Fa fare il tornio ovale al tedesco ». Ma vi torneremo in seguito.

Come mai Leonardo non si è nuovamente valso dell'opera del Migliorotti e di quel Zoroastro ch'egli ritrovò in Roma? Ma pare che la fortuna non avesse favorito i due vecchi compagni; il musicista era un modesto assistente di lavori edilizi; il meccanico si era fatto orefice.

Dei lavori di anatomia, delle numerose dissezioni cadaveriche fatte forse all'Ospedale di Santo Spirito, parla piú volte Leonardo e ce ne dà conferma il De Beatis.

Tali studî ed esperimenti, lavori meccanici da lui sorvegliati, tenevano isolato Leonardo, tenuto in disparte e non partecipe dei grandi lavori edilizi e pittorici del tempo.

Ma trovava pur agio di occuparsi della « zecca di Roma e del coniar le monete ».

Era tenuto in disparte, abbiamo detto, perché forse troppo fantastico; al pari del terribile Michelangelo, e perché meglio sfolgorasse il piú giovane astro Raffaello.

La massima impresa di tutti i papi da

Niccolò V in poi era la grande chiesa di S. Pietro, la maggiore di tutta la Cristianità, eretta dove la tradizione poneva il luogo del supplizio dell'apostolo e che ne racchiudeva le spoglie; e fu altresí la piú grande, se non la piú felice fatica di Bramante, morto nel marzo 1514. Sin dal novembre 1513 il Papa aveva nominato secondo architetto Fra' Giocondo, quando Leonardo non era ancora in Roma; il terzo fu Giuliano da Sangallo, nominato il 1° gennaio 1514. Morto Bramante, gli fu dato per successore Raffaello, pittore sommo tra i sommi, ma modestissimo architetto. E restò poi solo, alla morte di Fra' Giocondo (1° luglio 1515) e dopo il ritiro del Sangallo. Nessuno pensò a Leonardo.

Le nuove voci di guerra indussero il Papa e Giuliano a guardar bene alle cose del ducato di Parma, Piacenza; e nella seconda metà del 1514 Leonardo è inviato dal Magnifico a ispezionare le fortificazioni del suo feudo; mentre egli si dà a vita spensierata e scapigliata nella dolce Firenze.

Di questo viaggio si hanno varie note negli appunti vinciani. Nel ms. *E* scrive: « Parma alla Campana a dí 25 di settembre 1514 ». La Campana era appunto un vecchio albergo di Parma. « Su la riva del

Po vicino a Sant'Angelo nel 1514 a dí 27 di settembre. »

L'Amoretti ha tolto questo appunto dallo stesso ms. *E*, di cui però mancano 16 pagine. E a questo Sant'Angelo, il Cermenati, che ha dedicato un diligente studio a questo ultimo soggiorno romano di Leonardo, riferisce quest'altra nota del *Cod. Atl.* 65 R: « Delli soni che far si possono nell'acqua come di là della fossa a Sant'Angelo », identificando il borgo sul fiume Lambro, nel lodigiano, e poco distante dalla sua foce nel Po.

Giuliano torna a Roma in settembre e Leonardo nel dicembre, perché è accertata la visita di quel tale suo fratello Giuliano, cosí attivo nella lite di sei anni prima. Leonardo aveva certo dimenticato e perdonato.

E nel 14 dicembre il Magnifico assume per sé e suoi eredi tutto il territorio Pontino, che egli voleva bonificare. E della grande impresa dovevano occuparsi Fra' Giocondo e Leonardo che si era associato il geometra comasco Giovanni Scotti. Nelle carte di Windsor è conservata la carta tracciata da Leonardo di quella regione, oramai redenta, e che ha accenni a vaste opere di bonifica; ma anche quest'opera, pei successivi eventi del Magnifico, restò sulla carta.

(*Foto Alinari*)

Ritratto di Giuliano de' Medici, Duca di Nemours
(A. Allori)

Luigi XII tornava a riconciliarsi col Papa e favoriva le nozze della nipote, Filiberta di Savoia col Magnifico; nozze avvenute nel gennaio 1515 e Leonardo nota:

« Partissi il magnifico Giuliano de' Medici a dí 9 gennaio 1515 in sull'aurora per andare a sposare la moglie in Savoia e in tal dí ci fu la morte del re di Francia. »

Moriva infatti re Luigi senza prole e gli succedeva il nipote Francesco di Valois, l'eroico, colto e bello Francesco I e si preparavano nuovi eventi e rivolgimenti in Italia e profondi cambiamenti per la vita di Leonardo.

Giuliano e la sposa tornano in Roma in febbraio. « Lodato sia Dio, — sclamava il Bibbiena, e secondo riferisce il Solmi, — ché qui non mancava se non che una corte di madonne, e questa Signora ce ne terrà una, e farà la croce romana perfetta. » E fu, pare, corte brillante, in cui Leonardo non avrà mancato di brillare e forse di esporre i suoi sogni aviatori, non mai spenti. Ciò potrebbe spiegare il noto giudizio dato dal Castiglione: « Un altro dei primi pittori del mondo, sprezza quell'arte dov'è rarissimo ed essi posto a imparar filosofia; nella quale ha cosí strani concetti e nuove chimere, che

esso con tutta la sua pittura non sapria dipingere ».

Gli studi non lo dispensano da gite a Tivoli, a Villa Adriana, ad ammirare le grandi ruine romane, « le anticaglie ». La pace dura poco; Francesco I si accinge ad una nuova impresa contro Milano. Scende con numeroso esercito e brillante seguito in Italia; e il 14 settembre 1515 vince a Marignano gli Svizzeri di Massimiliano Sforza (che finisce i suoi giorni in Francia, come il padre) e d'un tratto riacquista tutta la Lombardia. Il papa volle subito (ottobre 1515) intendersi con il nuovo padrone e fu al convegno di Bologna, forse insieme con Leonardo, e dai piú si ascrive a questo nuovo viaggio la visita a Civitavecchia, di cui è menzione nel *Cod. Atl.* Un dotto illustratore degli schizzi e delle note vinciane ritiene che qui si presenti un primo tentativo di ricostruire un piano di una antica città portuale.

Poco dopo le nozze, il Magnifico cadeva malato; ritiratosi a Fiesole vi moriva il 17 marzo 1516; Leonardo perdeva un suo grande protettore che gli permetteva, senza preoccupazioni economiche e senza l'affannosa ricerca di lavori piú redditizî, di compiere le profonde investigazioni scientifiche e la quiete del lavoro.

Fu vero uomo colto e corrotto di quella età sfolgorante; legò il suo nome a quello di Leonardo, a quello di Raffaello ed al genio di Michelangelo che lo eternò nel superbo monumento delle tombe medicee in S. Lorenzo.

È naturale che, disperando di esser preso in considerazione dal Papa, Leonardo abbia cercato un nuovo protettore. E questi si presentò nella persona del nuovo re Francesco I, cui era noto il geniale artista-scienziato; e a Leonardo non saranno mancati gli appoggi di molti suoi amici francesi, fra cui il pittore Giovanni Franzese (Jean Perréal), nominato da Leonardo nei suoi appunti.

Leonardo è in Roma nell'agosto 1516, perché nota le misure della Basilica di S. Paolo.

Poiché l'incarico dato a Michelangelo per la facciata di S. Lorenzo in Firenze è del dicembre 1516, quando già Leonardo era in Francia, è per lo meno da mettere in dubbio l'affermazione del Vasari che attribuisce la causa della partenza di Leonardo alla amara delusione di vedersi anche per tale opera posposto a Michelangelo.

Le successive modificazioni subite da quella parte dei palazzi vaticani, non permette piú di identificare il luogo della dimora di quel grande. Nei pressi, per inizia-

tiva del Prof. B. Nogara, Direttore dei Musei Vaticani, è stata posta a solenne ricordanza questa epigrafe:

Leonardus Vincianus
Liberali usus hospitio Leonis X P. M.
Ab anno MDXIII ad MDXVI
Hanc aedium partem
Sede et officina sua
Nobilitavit.

E cosí lasciava le accoglienti stanze del Belvedere.

Partiva dunque l'ormai vecchio Leonardo: si avviava ad un volontario esilio; verso una vita piú agiata, quasi verso la ricchezza; verso un luminoso tramonto; ma pur sempre un tramonto e in terra straniera, lungi dal suo bel S. Giovanni.

CAPITOLO V

NEL CASTELLO DI CLOUX IN AMBOISE

*Leonardo e Francesco I. Soggiorno in Amboise. La visita del cardinal d'Aragona nell'*Itinerario *del De Beatis. Testamento e morte di Leonardo. Il suo sepolcro.*

LASCIATA Roma Leonardo sosta per poco a Milano e poi continua, in pieno inverno, il viaggio verso la Francia insieme col fido Melzi, con un domestico, Battista de Villanis che non lo lasceranno piú fino alla morte. Si è diviso dal Salaí, che si stabilí nella vigna del maestro a Porta Vercellina con la facoltà di costruirvi una casa. Del viaggio ci ha lasciato soltanto una breve nota nel *Cod. Atl.*: « Riviera d'Arve presso a Ginevra, un quarto di miglia in Savoia, dove si fa la fiera, valle di S. Giovanni, nel villaggio di San Gervasio ». Egli ha dunque traversato la Lombardia, il Piemonte, ha seguito la lunga ed erta strada delle Alpi, ha attraversato la Savoia e da San Gervasio ha certo ammirato, memore delle sue escursioni alpine, il colosso alpino, il Monte Bianco. Nel maggio del 1517, quando Egli nota: « dí dell'Ascensione in Ambosa 1517 di maggio nel castello del Clu », forse con un cocente e nostalgico pensiero alla sua Fi-

renze, il suo installamento nel regale castello è terminato. Superbo il castello; magnifico e liberale il giovane Re protettore, che ha dato pace e ricchezza agli ultimi tre anni del grande artista-scienziato.

La residenza assegnata a Leonardo fu il castello di Clos-Lucé (Cloux), all'estremità meridionale della piccola città di Amboise, sulla Loira, nella dolce Turenna. Lo avevano abitato Carlo VIII, Luigi di Ligny, amico di Leonardo: ed allora era proprietà del duca d'Alençon, marito di Margherita di Valois, sorella del re, la futura e colta regina di Navarra, l'autrice dell'*Heptaméron*. Si ammira ancora nel castello la camera ove morí Leonardo.

Francesco I e sua sorella avevano ben compreso e si erano nutriti dello spirito e della cultura italiana; e Margherita, ardente, battagliera, coltissima fu, se non superiore, certamente come Isabella d'Este, una delle donne piú singolari ed illustri del suo tempo; consigliera del re nei giorni felici, confortatrice preziosa in quelli della sventura e della prigionia.

Tale l'ambiente e le persone che circondarono la veneranda figura di Leonardo, precocemente invecchiato, e di salute malferma. E tra le conversazioni col re, e i

grandi dignitari della corte, vicino al suo allievo, poté serenamente tornare ai suoi studî e pensare forse alla pubblicazione dei suoi scritti.

Non è improbabile che Egli si sia occupato o per lo meno abbia dato suggerimenti per le feste per la nascita del Delfino e per le nozze di Lorenzo de' Medici duca di Urbino, colla nipote del re Maddalena de la Tours d'Auvergne, che veniva a stringere intimi rapporti di parentela tra la famiglia reale e una delle piú illustri famiglie fiorentine, ed ebbero un ulteriore svolgimento quando la figlia di Lorenzo, la celebre Caterina de' Medici, andò sposa a Enrico II di Valois.

Il racconto del leone meccanico costruito da Leonardo in onore di Francesco I, fatto dal Vasari che lo avrà appreso probabilmente dal Melzi, pare debba invece riferirsi alla festa data dalla duchessa di Nemours, la vedova del M.co Giuliano, e dalla nipote Margherita, in onore del re nel settembre 1517.

Nel *Cod. Arundel* ci sono stati conservati schizzi relativi a progetti di mutazioni di case e schizzi topografici di Romorantin; e una carta della Loira presso Amboise, che evidentemente si riferisce al grandioso pro-

getto, tanto caro al re, della unione del Rodano colla Loira, del Mediterraneo coll'Atlantico; cioè del canale di Romorantin, che doveva fecondare la Sologna, in tutto degno della mente eccelsa di Leonardo, e che fu posto in opera solo dopo la sua morte; e di cui nel *Cod. Atl.* ci sono stati conservati appunti e schizzi.

E la pittura, mai abbandonata, allietava gli ultimi giorni di Leonardo. Egli era attorno a dipingere il S. Giovanni Battista, *Il Precursore*, di cui ci parlano il De Beatis e l'anonimo Gaddiano: « dipinse anchora un S. Giovanni ». La tavola fu donata da Luigi XIII al cognato Carlo I d'Inghilterra: e alla vendita dei suoi oggetti d'arte (1649), essa venne in mano del cardinale Mazarino, dai cui eredi l'acquistò Luigi XIV. Si pensa che essa non sia tutta di mano di Leonardo.

Il 10 ottobre del 1517, Leonardo riceve un visitatore illustre, il cardinale d'Aragona; e di questa visita ci ha lasciato un inestimabile ricordo un modesto suo segretario, Antonio de Beatis da Molfetta, cui già piú volte abbiamo accennato. La relazione di questo viaggio contenuta in alcuni codici della Nazionale di Napoli, scoperti ed illustrati da studiosi italiani, e di cui altri due codici esistono alla Vaticana, e in

parte fatto conoscere da Uzielli, fu poi pubblicata integralmente dal grande storico dei papi, Pastor; interessante sotto tanti punti di vista, acquista un pregio piú singolare appunto per la relazione di tale visita.

Ed ecco, per la parte che ci interessa, il racconto del De Beatis: « In uno de li borghi el Signore con noi altri andò ad vedere Messer Lunardo Vinci fiorentino, vecchio de piú de LXX anni, pictore in la età nostra excellentissimo quale mostrò ad S. Ill.ma tre quatri. Uno di certa donna fiorentina facta di naturale ad istantia del quondam Magnifico Juliano de Medici. L'altro di san Joanne Baptista giovane et uno della Madonna et del figliulo che stan posti in gremmo di Santa Anna, tutti perfectissimi; ben vero che da lui per esserli venuta certa paralisi nella destra non se ne può expectare piú cosa buona, ha ben facto un creato milanese che lavora assai bene et benché el predecto Maestro Lunardo non possa colorire con quella dolcezza che solea, pur serve ad fare disegni ed insegniare ad altri.

« Questo gentiluomo ha composto di notomia tanto particolarmente con la demonstrazione de la pictura sí de membri come de muscoli nervi giunture d'intestini et di quanto si può ragionare tanto di corpi de

huomini come di donne, de modo non è stato mai anchora facto da altra persona. Il che habbiamo visto oculatamente et già lui disse haver facta notomia de piú de xxx corpi tra mascoli et femmine de ogni età.

« Ha anche composto de la natura de acque, de diverse macchine et altre cose, secondo ha riferito lui infinità de volumi et tucti in lingua vulgare, quale se vengono in luce, saranno profique et molto delectevoli. »

Oltre il prezioso accenno ai tre quadri, agli studî e ai meravigliosi disegni anatomici, e a quello dei mss., però non veduti dal cardinale e dal suo seguito; quell'accenno: « se vengono in luce » fa sospettare che Leonardo abbia espresso il desiderio di vedere stampati i suoi studî e trattati; questo compito sarebbe spettato al Melzi. Perché non lo ha fatto?

È poi da notare che Leonardo apparve vecchio di piú di settanta anni, e non ne aveva che sessantacinque, quale forse apparisse nell'autoritratto a sanguina; la malattia che da tempo lo minava faceva progressi rapidi; la paralisi immobilizzava la mano; quella mano che aveva dipinto le piú soavi madonne; accomunando anche in questo gli ultimi giorni del grande artista

a quelli del suo piú grande successore, Galileo, colpito negli occhi che avevano contemplato le piú sublimi meraviglie del cielo.

L'ultima sua nota nel *Cod. Atl.* è ancora un ricordo della patria lontana che non rivedrà piú: « a 24 di giugno, il dí di S. Giovanni 1518 in Ambuosa, nel palazzo del Cloux ».

Il 23 aprile del 1519, vigilia di Pasqua, detta il suo testamento; moriva il 2 maggio successivo.

Egli aveva scritto nel *Codice Trivulziano*:

« La vita bene spesa lunga è. »

« Sí come una giornata bene spesa dà lieto dormire, cosí una vita bene usata dà lieto morire. »

A nessuno piú di lui possono adattarsi tali sentenze.

L'atto d'inumazione dice:

« *Fut inhumé dans le cloistre de cette église Mr. Lonard de Vincy, nosble millanois, 1er peintre et ingégnieur et architecte du Roy, meschanicien d'estat et anchien directeur de peincture du duc de Milan. Ce fut faict le douce jour d'aoust 1519.* »

Lieto morire sí; ma non nella pace del sepolcro in San Fiorentino in Amboise. La chiesa fu sconvolta nelle guerre religiose degli Ugonotti; sotto la Convenzione si vio-

larono le tombe, le casse di piombo servivano a fare proiettili; le ossa tutte raccolte in un sol mucchio e riunite in un cofano per ordine del nuovo signore del Castello d'Amboise, il conte di Parigi, nel 1874 e deposte nella Cappella di Sant'Uberto.

Già alla metà del secolo XVIII il De Pagave, benemerito vinciano, non riuscí a identificare il sepolcro.

Le ricerche iniziate nel 1854 e poi continuate nel 1863 da A. Houssaye, se poterono per un momento illudere lo zelante ricercatore, non furono piú felici. Nulla piú resta della spoglia mortale di Leonardo. Dispersi, rovinati, mal identificati i suoi quadri; ma monumento meraviglioso di quella mente sovrana e che oramai non temono piú né l'insidie degli uomini, né quelle dei tempi, restano i suoi scritti.

Il testamento di Leonardo ci è stato conservato in copia; fu redatto da Guglielmo Boreau, notaio del re, e con la presenza, tra gli altri, del Melzi. Esso ci è conosciuto secondo una traduzione italiana fatta dal conte Peruzzi nel 1779 secondo l'originale conservato dalla famiglia Vinci e poi perduto; copia italiana del tutto identica ad altra ritrovata recentemente a Romorantin.

Il testamento fu pubblicato sin dal 1804 dall'Amoretti e poi dall'Uzielli.

Oltre ai legati al De Villanis che avrà col Salaí la vigna di Milano e le 12 oncie d'acqua di Luigi XII, alla domestica Maturina, lascia tutto ciò che possiede al Banco di S.ta Maria Nova e la famosa eredità dello zio Francesco ai suoi fratelli, coi quali è indulgente e pieno di perdono, e poi al fido Melzi il resto della sua forte pensione e dono piú solenne ed immenso: i suoi manoscritti « et altri Instrumenti et Portracti circa l'arte sua et industria de Pictori ». E non mancano disposizioni per le esequie e pei poveri di Amboise.

La lettera che il Melzi, il 2 giugno, scrisse a Ser Giuliano e fratelli suoi honorandi, ci dà notizie preziose che sfatano la bella leggenda della morte di Leonardo tra le braccia del re, che in quel giorno era lontano da Amboise a festeggiare la nascita del suo secondogenito Enrico II, una solita romanzesca storiella del Vasari. Il re, questo è certo, fu addoloratissimo della morte del suo grande artista! Anche di questa preziosa lettera non esiste piú l'originale. Il Melzi scrive: « Credo siate certificati della morte di maestro Lionardo, fratello vostro, e mio quanto ottimo padre, per la cui morte

sarebbe impossibile che io potessi esprimere il dolore che io ho preso; e in mentre che queste mie membra si sosterranno insieme, io possederò una perpetua infelicità, e meritamente perché sviscerato ed ardentissimo amore mi portava giornalmente. È dolto ad ognuno la perdita di tal uomo, qual non è piú in potestà della natura. Adesso Iddio onnipotente gli conceda eterna quiete. Esso passò dalla presente vita alli 2 di maggio con tutti li Ordini della Santa Madre Chiesa e ben disposto ».

In ciò poi che segue, il Melzi dà notizie del testamento legalmente fatto in terra straniera, e dell'impegno che ha di rimetterne copia ai parenti a mezzo di un suo zio che tornerà presto a Milano e delle disposizioni testamentarie a favore dei fratelli.

La scena della morte è narrata dal Vasari in altro modo piú drammatico e meno veritiero certamente. Leonardo avrebbe ricevuto il Santo Sacramento tenuto per le braccia dai suoi fedeli, e si mostrò pentito di aver offeso Iddio e gli uomini non avendo fatto della sua arte l'uso conveniente.

Ma se è priva di fondamento la taccia di eretico, se fu, com'è certo, completa la riconciliazione colla Chiesa, a Dio fu sempre devoto, perché nessuna creatura umana si

avvicinò più di lui alla divina perfezione; e perché, come scultoriamente scrisse il Tommaseo: « Egli è il maggiore dei nati di donna; un Dante con la mente di Platone e con l'anima di Virgilio; un Raffaello con la struttura di Michelangelo e di Galileo ».

(*Foto Alinari*

Ritratto di Francesco I
(Tiziano Vecellio)

CAPITOLO VI

L'ARTE DI LEONARDO

La critica e le pitture di Leonardo. Il Trattato della Pittura. *La scultura. Il* gran cavallo. *Monumento a Giangiacomo Trivulzio. Leonardo architetto.*

NEL brevissimo riassunto delle principali fasi della vita di Leonardo abbiamo accennato alle sue opere pittoriche, alle loro vicende, e si è visto che di tanto artista ben poco resta; il piú o andò disperso o non è piú identificabile; e quello che rimane già risente la ingiuria del tempo per la lenta decomposizione dei colori, mentre il *Cenacolo* o per il modo tenuto da Leonardo o per la imperfetta preparazione dell'intonaco (a cui pare accenni Egli stesso in *Atl.* 335 R a scrivendo: « error dell'intocho... ») e che presentò presto segni di disfacimento, è ora una vera rovina.

Se si volessero soltanto riassumere tutti i giudizi che letterati, artisti e critici di tutti i tempi e di tutte le nazioni, dai piú illustri e ben preparati, agli improvvisati, hanno dato dell'opera pittorica di Leonardo, si farebbe una biblioteca di non pochi volumi. E si raccoglierebbe una attraentissima gamma di giudizi che vanno dalla irrefre-

nata ammirazione, attraverso freddezze e ipercriticismi, alle piú volgari denigrazioni di qualche moderno futurista. La ricerca poi dei dipinti perduti è stata continua ed affannosa tra le collezioni private, le pubbliche pinacoteche, tra le vecchie carte degli archivi, i cataloghi non sempre espliciti di musei. E sono fioccate le piú strane e inattese attribuzioni, che non accennano a finire, che si rinnovano e si riferiscono ora ad uno ora ad altro pittore contemporaneo, ora agli allievi, ora a qualcuno dei suoi numerosi imitatori. Salvo in alcuni casi, questa critica delle fonti, diciamo cosí, è molto vaga ed incerta, riposa il piú delle volte sopra criteri cosí soggettivi che non le si può accordare certa fiducia; e quando, per mero caso, alcuni critici si sono accordati su di una certa questione che ritenevamo definitivamente risolta, ecco che la scoperta di un nuovo documento manda all'aria tutte le piú dotte argomentazioni critiche.

Ora se ciò da un lato dà la prova che l'opera del maestro insigne fu grande, rinnovò l'arte e collocò Leonardo accanto ai piú grandi pittori dei tempi passati e dei suoi contemporanei, secondo anche i giudizi del Castiglione e di Fra' Sabba, che

abbiamo già riportato, e si trovò anche giusto il nome di Re Mago del Rinascimento, cui volle dargli lo Schuré; dall'altro provoca nell'uomo colto ed ignaro, cui non è facile orientarsi in tale grande e periglioso pelago di discussioni, di disparati giudizi, una spiegabilissima specie di disorientamento, di stupore. E viene spontaneo il desiderio di associarsi a quanto proponeva il sommo maestro della storia dell'Arte, A. Venturi, a proposito di una lunga polemica sulle sue copie del quadro della *Vergine delle Rocce*. Se, diceva il Venturi, lasciassimo in pace i documenti e guardassimo coi nostri occhi i due quadri per vedere quale è il piú bello, il piú perfetto, noi faremmo un passo avanti e decisivo per riconoscere la quasi totale fattura vinciana al quadro del Louvre. E cosí del pari viene la tentazione di dire per tutto il resto: lasciamo in pace, piú che si può, i vecchi documenti, non sempre chiari ed espliciti; lasciamo ancor piú da parte i vecchi e nuovi critici e ogni uomo colto che sia educato ed abituato sin da fanciullo a contemplare le infinite bellezze di questa nostra Italia, gli infiniti tesori dei suoi musei, delle sue pinacoteche, dei suoi palagi, veda, giu-

dichi da sé le bellezze inestimabili della pittura di Leonardo.

E in ciò l'occhio che, come Egli scriveva, è « lo specchio dell'anima» è piú pronto ad accogliere, a comprendere e a penetrare la bellezza di un quadro o di una statua, che non l'orecchio a seguire la imponente sonorità di una sinfonia di Beethoven o di un poema wagneriano.

Ma noi ci limiteremo, oltre a quelli già fatti, ad altri pochissimi accenni.

Le descrizioni dei suoi dipinti piú celebri, l'inusitato movimento delle masse, dei personaggi che vi figurano (l'*Adorazione dei Magi*, il *Cenacolo*), la dolce soavità delle sue madame, l'inimitabile candore e freschezza dei suoi putti, la perfezione del disegno, la vivacità dei colori che è l'alba luminosa della scuola veneta, hanno eccitato al sommo grado la fantasia, l'acume di artisti e di scienziati. Basti citare la piú viva pagina scritta da W. Pater nel 1869 sulla *Gioconda*, « che è, nel piú vero senso, il capolavoro di Leonardo, l'esempio rivelatore de' suoi modi di pensare e di operare » integralmente riportato dal De Rinaldis; la descrizione e interpretazione che del *Cenacolo* ha fatto W. Goethe; basti citare B. Cellini che affermava essere stata

la iniziata pittura della *Battaglia d'Anghiari*, maestra a tutto il mondo. La ben lunga schiera dei continuatori del maestro, soprattutto in Lombardia, mostra tutta la potenza animatrice della sua scuola.

Leonardo ci ha lasciato una imponente quantità di disegni sparsi ora in tutto il mondo, e che è merito immenso di A. Venturi aver raccolto in superbe pubblicazioni della R. Commissione Vinciana, e di cui ha anche tentato la classificazione cronologica. Sono schizzi, disegni piú elaborati se non del tutto finiti, studi preparatori pei suoi quadri che oltre il grandissimo interesse intrinseco, sono datî certi e preziosissimi per la ricostruzione della sua opera pittorica; fatti a penna, a matita rossa, a carbone, a punta d'argento su carta o cartone. Allievo in questo del maestro Verrocchio, Leonardo si rivela, anche nei piccoli schizzi, come nel disegno di macchine e di armi, disegnatore prodigioso, forse inarrivabile.

Alla sua genialità del chiaroscuro già accennammo, riportando un giudizio del Venturi. Recentemente il Mezzana scriveva: « La somma gloria di Leonardo sta nell'avere svincolata la pittura fiorentina e tutta la pittura italiana dal suo fare schematico e secco e di averle donato, col chia-

roscuro, il necessario rilievo e, con lo "sfumato", la pastosità e la dolcezza. Senza Leonardo non avremmo avuto il Correggio ». Leonardo aveva in questo avuto un grande precursore in Masaccio. E lo Schuré, dopo Leonardo, Re Mago, annoverava appunto Raffaello, Michelangelo e il Correggio, i tre arcangeli del Rinascimento.

Si guardino tutti i suoi dipinti, ma soprattutto la *Vergine delle Rocce*, il *S. Girolamo*, il *S. Giovanni Battista* e si comprenderà tutta la giustezza delle precedenti asserzioni, analoghe a quelle di quasi tutti i critici e storici dell'arte.

Il colore poi è la continua ricerca, qualche volta sventurata, la costante preoccupazione di Leonardo. Studia il colore da scienziato e lo applica con sapienza minuziosa e lenta che quindi mal si prestava all'affresco; però preferí la tempera (come nella *Cena*) e la pittura ad olio nei ritratti.

Se non è sempre concorde il giudizio dei critici, assai piú spontaneo, meno dotto ma piú commosso e sincero quello del popolo di tutto il mondo che, numeroso sempre, in ogni ora, sosta al Louvre nella sala rotonda innanzi al ritratto di *Monna Lisa*; che sfilò con reverente ammirazione innanzi allo stesso, quando, ricuperato dopo il trafuga-

mento ben noto e clamoroso, rifece a Firenze, a Roma, a Milano quasi simbolicamente il viaggio che il grande capolavoro aveva fatto quattro secoli prima.

•

Leonardo è anche trattatista, il teorico della pittura, di cui esalta la preminenza, la superiorità su tutte le arti.

I numerosi appunti, ben redatti in generale, sparsi nei suoi manoscritti, soprattutto nei codici *A* e *G*, nell'*Atl.* dovevano essere raccolti in un trattato, forse il piú completo di tutti quelli che aveva in animo di scrivere. Ma non pubblicò nulla; e diremo in seguito per quali probabili ragioni esso non fu pubblicato dal Melzi che certamente riordinò tutte quelle carte. Si conoscono vari codici, ma nessuno, pare, di mano del prediletto allievo ed erede. Su di un manoscritto posseduto da Cassiano Dal Pozzo, adorno di numerose figure tracciate dal Poussin, fu condotta la prima edizione di questo celebre *Trattato della Pittura* da R. Du Fresne a Parigi nel 1651, cui è aggiunto il *Trattato della statua* di L. B. Alberti. E da allora non si contano piú le edizioni e traduzioni in tutte le lingue moderne. La maggiore e piú apprezzata edizione critica è quella fatta dal pittore H. Ludwig (1829-1897) nel

1882, in tre volumi di cui il primo e secondo comprendono il testo e la traduzione in tedesco; il terzo un esteso commento. È stata fatta secondo il *Codice Urbinate-Vaticano*.

Prima di Leonardo, un suo grande predecessore, L. B. Alberti, aveva pure composto il *De pictura* in tre libri e gli *Elementi di pittura*, non si sa bene se scritti in latino o in volgare, che forse Egli può aver conosciuto per qualche accenno alla composizione dei colori, in cui però l'Alberti è troppo ligio ai precetti aristotelici; fu pubblicato in latino da T. Geschauff nel 1540 a Basilea e fu quindi conosciuto universalmente prima di quello di Leonardo. Ce ne ha dato ampia notizia il Mancini.

Ma Leonardo è unico e impareggiabile nel codificare i precetti da seguirsi dal buon pittore, con limpida ed espressiva favella toscana. Le note artistiche che si accompagnano con quelle scientifiche sui colori, sulla prospettiva, sulle ombre, sui movimenti del corpo umano, sugli studi che deve fare il pittore, sono quelli che Leonardo ha fatti per giungere alla eccellenza nell'arte. La sua lettura è delle piú attraenti ed istruttive; esso è un testo inarrivabile di prosa italiana che completa il quadro di Leonardo artista, scienziato, pensatore, filosofo.

Il Verrocchio, peritissimo nel disegno e grande scultore, che maneggiava piú abilmente e frequentemente la creta e lo scalpello che non il pennello, deve avere istillato l'amore alla scultura al suo prodigioso allievo, avido di saper tutto e di eccellere in ogni cosa. E Leonardo fu anche scultore; ma assai meno che pittore, per quanto Egli si dica « esperto non meno in scultura che in pittura et esercitando l'una e l'altra in un medesimo grado ». E l'anonimo Gaddiano conferma che Egli « oprò di scultura ». Ma se poco resta della sua opera pittorica, nulla resta di quella della scultura. Ciò non significa però che manchino le discussioni, le incertezze su ciò che Egli ha fatto, le attribuzioni piú inaspettate e piú strane e il piú delle volte arbitrarie. Quello che vi è di certo si può brevemente riassumere. Il Lomazzo (*Trattato dell'arte della Pittura*, Lib. II, cap. VIII) affermò di possedere una *Testa di Gesú fanciullo*, in terra cotta, modellata da Leonardo e che parimenti un « cavallo di rilievo in plastica » di lui era posseduto dal cavaliere Leone Aretino statuario, cioè Pompeo Leoni che mise insieme il *Cod. Atl.*; in ogni modo e comunque sia, tali opere sono perdute al pari di quelle cui accenna il Vasari di *Teste di donne ridenti*

e *putti*. Il Vasari inoltre aggiunge che le tre figure in bronzo di G. Francesco Rustici che adornano la parte superiore della porta del Battistero di Firenze, *S. Giovanni fra il Levita e il Fariseo*, furono « ordinate col consiglio di Leonardo, le quali sono il piú bel getto e di perfezione che modernamente si sia ancor visto ».

La critica ha riconosciuto che una collaborazione di Leonardo all'opera del Rustici può ritenersi sicura; e che avvenne nell'epoca in cui Leonardo nel marzo 1508 era in Firenze per la lite coi fratelli, nella casa dei Martelli vicino a quella del Rustici e dove iniziò il *Codice Arundel*; quindi già nel tardo periodo di sua vita. L'aiuto fu dato sia coi consigli per la fusione, sia per la modellatura delle stesse statue. La calva testa del Levita è invero bellissima, tanto che il Malaguzzi-Valeri si spinge fino a crederla in tutto modellata da Leonardo.

Per quanto non fondata su documenti certi, non si può del tutto escludere una collaborazione di Leonardo alla statua equestre del grande capitano veneto Bartolomeo Colleoni, il capolavoro del Verrocchio. Il maestro non poté vedere compiuta l'opera sua che fu terminata dal Di Credi.

L'affermazione che fa Leonardo, nella

sua lettera a Lodovico il Moro, di esser atto a creare il monumento e la statua equestre di Francesco Sforza in bronzo, fanno fondatamente credere che Egli si fosse già cimentato in opere simili di gran rilievo e non soltanto nel modellare poche teste.

Ora appunto la fama di Leonardo come scultore si basa sulla creazione del *gran cavallo.* Ne abbiamo rapidamente accennate le vicende: dopo molti studi, fu ricominciato nel 1490 e il gran modello in cera doveva esser finito e pronto per la fusione in bronzo nel 1493 e in Corte Vecchia esposto alla ammirazione ed allo studio degli artisti.

E quel castello in legno disegnato nell'*Atl.* 213 V, con travi ritte e trasverse con « tucti i capi delle chiavarde » doveva forse servire al trasporto del colosso in luogo adatto per la fusione o anche per figurare come ornamento per le feste degli sponsali di Bianca Maria Sforza coll'imperatore Massimiliano.

Ne parlano con entusiasmo il Giovio, i poeti di corte e piú tardi Luca Pacioli nella *Divina proportione* descrive « l'admiranda e stupenda equestre statua la cui altezza dalla cervice a piano terra sono braccia 12 » (cioè 7 metri) « e la cui ennea massa a libbre 200.000 ascende » in un calcolo preventivo,

pari cioè a poco piú di 65 mila chilogrammi. Nell'indice del libro il Pacioli nota ancora: « Altezza e grandezza de l'admiranda e stupenda sua equestre statua e peso quando sia gitata ».

La fusione dunque non avvenne mai; e lo conferma l'anonimo Gaddiano: « Fece uno cavallo di smisurata grandezza suvvj il duca Francesco Sforza, cosa bellissima, per gittarlo in bronzo, ma universalmente fu giudicato impossibile, et maxime per che si diceva volerlo gittare d'un pezzo, la quale opera non ebbe perfectione ».

Nei disegni di Windsor, ora pubblicati dal Venturi, si ammirano tutti i preliminari e stupendi studi sul cavallo e tutte le norme per la fusione; norme e appunti che non dovettero restare del tutto ignorate, perché il De Marchi nella sua *Architettura militare*, vol. III, p. 203 (fu edita ed illustrata in Roma nel 1810 da Luigi Marini, il dotto illustratore dell'*Architettura* di Vitruvio) dice che Leonardo « non si fidò di una fornace sola, ma ne volse tre, le quali potessero disfare il metallo che in esso cavallo vi andava; la ragione che dava, diceva che il fuoco di una fornace non poteva far venire in bagno tanta quantità di metallo, perché non poteva arrivare per sino al fondo: an-

cora che disopra si vedesse il metallo disfatto, non per questo era disfatto quello da basso: per la gran quantità, e per il grave peso non si puol maneggiare con perticoni ancor che sia disfatto ». Le note infatti dell'*Atl.* accennano ai vari espedienti escogitati da Leonardo, per moltiplicare i fornelli, per la pulitura dei gessi, ecc.

Infine il Vasari dice: « Quelli che veddono il modello che Lionardo fece di terra grande, giudicano non aver mai visto piú bella cosa né piú superba; il quale durò fino che i Francesi venneno a Milano con Lodovico re di Francia che lo spezzarono tutto. Enne anco smarrito un modello piccolo di cera, ch'era tenuto perfetto, insieme con un libro di notomia di cavagli fatta da lui per suo studio ». I disegni di Windsor riguardano la ricerca dei centri di movimento del collo, della spalla; le misure della zampa, del moto delle parti anteriori; studi di cavalli al trotto, al galoppo con abbozzo di cavaliere, numerosi studi per la fusione. Dovunque e sempre l'artista e lo scienziato.

Ma la fusione non ebbe luogo; difficile certo, ma non impossibile; mancarono i danari e le furono avverse le vicende tragiche del ducato. Come finí l'opera ammiranda si è già detto. Alla mancata fusione si rife-

risce, secondo l'anonimo Gaddiano, il noto episodio col giovane Michelangelo in Firenze: « Passando detto Lionardo, insieme col G. da Gavine da Santa Trinita, dalla pancaccia delli Spini, dove era una ragunata di uomini da bene, e dove si disputava un passo di Dante, chiamaron detto Lionardo, dicendogli che dichiarasse loro quel passo. E a caso a punto passò di qui Michele Agnolo e chiamato da uno di loro rispose Lionardo: "Michele Agnolo ve lo dichiarerà egli". Di che parendo a Michele Agnolo l'avesse detto per sbeffarlo, con ira gli rispose: "dichiaralo pur tu, che facesti un disegno di uno cavallo per gittarlo di bronzo e non lo potesti gittare e per vergogna lo lasciasti stare". E detto questo voltò loro le reni e andò via; dove rimase Lionardo che per le dette parole diventò rosso ».

E dell'episodio, secondo il Calvi, è una qualche traccia nello scritto vinciano sulla « comparazione della pazienza » dove « la pazienza fa contra alle 'ngiurie non altrimenti che si faccino i panni contra del freddo ».

L. B. Alberti aveva scritto un trattato: *La Statua*; aveva forse la stessa idea Leonardo a giudicare dai frammenti: « De statua, misure e compartizione della statua; forma del

cavallo, modo di ricuocere, del far la forma dei pezzi; ma non ne fece niente ».

L'attività di Leonardo nella scultura si rivela anche nel progetto pel monumento al maresciallo Gian Giacomo Trivulzio. Nell'*Atl.* 179 V a trovasi una lunga e minuziosa nota di spese pel « Sepulcro di messer Giovanni Jacomo Treulzo », riferentesi a un lavoro o a un progetto vinciano. La nota non è datata e non può riferirsi a un anno preciso. Ed è qui che cominciano i dubbi, le ipotesi e il resto.

Il Solmi la ritiene del 1511; il Beltrami, del 1506-1507, e con gli accenni dell'*Atl.* ne ha tentato la ricostruzione, ritenendo indubbio l'incarico dato dal Trivulzio a Leonardo, e una bella prova della perizia architettonica del grande artista. Conclusioni però validamente oppugnate dal Malaguzzi-Valeri. Nei disegni di Windsor molti disegni possono ritenersi fatti pel monumento a F. Sforza; altri, in cui al disotto della figura del monumento equestre figura un sarcofago, sono da riferirsi a quello pel Trivulzio; per molti altri regna completa incertezza. Ma comunque sia di ciò, abbia Leonardo ideato per suo capriccio o per incarico il progetto del nuovo monumento equestre, è certo che

esso non passò mai allo stato di esecuzione, né può quindi dire nulla di piú sulla perizia di Leonardo nella scultura. Di guisa che nella scultura, piú che in ogni altra sua manifestazione artistica, il carattere vivace dell'arte di Leonardo è soprattutto speculativo.

In quel meraviglioso risveglio dell'architettura italiana del Quattrocento che s'inizia con il Brunelleschi e coll'Alberti e si completa con Bramante, con Michelangelo, coi Sangallo, con Fra' Giocondo, col Sansovino, con il Bregno; che, sul modello dei sempre celebrati dieci libri di *Architettura* del Vitruvio, ebbe i suoi trattatisti nel Filarete, nell'Alberti, quale è il posto che indubbiamente spetta a Leonardo?

Riferendosi prima di tutto al dato unico, se non sempre completo, dei mss. di Leonardo, molti dei suoi appunti di arte costruttiva, sulla resistenza delle colonne, sulle cause di rottura dei muri, delle finestre, degli archi; i riferimenti piú o meno espliciti a Vitruvio, a Frontino ed anche all'Alberti potrebbero essere indizio di un libro sull'architettura che aveva in animo di fare. Ed in *Arundel* 157 r, fa il solito memento: « Fa prima il trattato delle cause gienera-

trici delle rotture de' muri, e poi il trattato de' rimedi, separato ». Ma non sono sufficienti a dare una benché minima idea di quello che sarebbe stato questo libro di architettura; né tanto meno ad istituire un confronto con altri famosi, di due dei quali Egli ebbe certamente conoscenza; e questi sono il *Trattato di architettura civile e militare* di Francesco di Giorgio Martini; quello di *Architettura* di Antonio Averulino da Firenze, detto il Filarete (1410-1470), famoso scultore della grande porta in bronzo di S. Pietro. Fu scritto tra il 1460-1464 e se ne hanno i codici alla Nazion. di Firenze; e al pari di quello del Martini fu pubblicato soltanto ai nostri giorni per le stampe.

Finalmente il celebre: *De re aedificatoria* di L. B. Alberti, il piú dotto e il piú completo dopo quello di Vitruvio; prezioso per se stesso e per la conoscenza delle costruzioni nel pieno Quattrocento.

Passando dalla parte teorica a quella costruttiva ed artistica dicemmo già del suo progetto pel tiburio del Duomo di Milano, conservatosi nell'*Atl.* 310 R, che poi non compí; in altri codici e tra le carte di Windsor si trovano deliziosi disegni architettonici; cosí quello di un orticino recinto per un castello ducale (*Atl.* 348 V); di una

stalla monumentale (*B*, 39 r); progetti modernissimi per la città ideale, (tali il prospetto di una casa monumentale, forse quella per l'Amboise); del Sanseverino a Porta Vercellina, tipi di case con ampie vie (*B*, 36 r); con opere idrauliche e strade sopraelevate, ecc.

Infine imponenti disegni di chiese monumentali (mss. 2017, 5 v), con duomo centrale contornato di cupole minori; ché quello degli edifici a cupola è un tema favorito della concezione di Leonardo. Senza alcun dubbio sono pensieri architettonici bellissimi che bastano ad assicurare un posto eminente a Leonardo nella serie cosí ricca degli architetti del Quattrocento; ma che, osserva il Giovannoni, restarono allo stato potenziale di semplice abbozzo; studiati spesso nei piú minuti particolari, dominati dall'idea dell'unità tecnica ed architettonica, ma che non si concretarono in modo definitivo.

L'esame della influenza che può avere avuto su Leonardo il suo grande precursore L. B. Alberti ci condurrebbe troppo lontano; ché l'opera dell'Alberti è stata esaminata profondamente dal Mancini le cui conclusioni non sono tutte da accettare, nei confronti con Leonardo.

Si è invece piú volte ed anco recentemente discusso della reciproca influenza tra Bramante e Leonardo, specialmente a Milano. Sui margini della prima edizione (1550) delle *Vite* del Vasari e dove questi parla di Leonardo « pittore e scultore », un anonimo secentista (che poi si scoprí essere il padre domenicano Sebastiano Resta) aggiunse: « e architetto della cupola della Madonna delle Grazie ». L'affermazione fu accolta dal Bossi e dal Solmi; ma è ritenuta infondata.

Documenti probanti certi non ve ne sono e si naviga qui nel mare infido delle congetture, dei confronti non sicuri.

Leonardo come architetto è stato studiato, per non citare che i piú moderni, dal Beltrami, del De Geymüller, dall'Haydenreich, che ha sistematicamente e metodicamente preso in esame tutto il copioso materiale dei disegni vinciani, a cominciare dagli edifizi sacri, dal Malaguzzi-Valeri, dal Baroni, dal Pica. Ed anche qui le conclusioni non sono, come sempre, del tutto concordi. Ma, tranne quegli edifizi milanesi di cui si è detto, non si hanno prove di una diretta attiva partecipazione di Leonardo a vere e monumentali opere d'arte. È ben noto di piú che in Roma, quando quasi alla fine della sua vita Egli aveva raggiunto in tutto la piena stu-

penda maturità, fu tenuto in disparte per ogni attività artistica da papa Leone, pur colla protezione del M.co Giuliano.

Quando alla fine del 1513 Leonardo giunse in Roma si era già nel magnifico rinnovamento edilizio dell'Urbe, cominciato alla metà del Quattrocento e sviluppatosi sotto Giulio II. Leonardo poteva ammirare i pilastri grandiosi di Bramante che in S. Pietro si erigevano sulla vecchia e quasi demolita basilica; il Palazzo di Raffaele Riario, il gaudente nipote di Sisto IV, ora della Cancelleria, iniziato dal Montecavallo (detto il Bregno) e probabilmente finito da Bramante; poté vedere già iniziato Palazzo Farnese ad opera di Antonio da Sangallo; la solida costruzione di papa Barbo (Paolo II) e nel Borgo Nuovo la elegante riproduzione del palazzo della Cancelleria.

Ma qui vi è un fatto singolare. Da cardinale, Leone X e i suoi avevano abitato nel palazzo ora detto Palazzo Madama; alla sua elevazione al pontificato esso fu ceduto alla vedova di suo fratello Piero, Alfonsina Orsini. Quando Giuliano fu creato patrizio romano (13 settembre 1513) pensò di erigersi un palazzo sontuoso quale conveniva alla nuova fortuna e grandezza della famiglia Medici e di tale palazzo nessuno dei

contemporanei e nemmeno il Vasari fanno parola. Le ricerche di un mio venerato maestro, D. Gnoli, hanno condotto alla sua identificazione coll'odierno Palazzo Lante, vicino alla Sapienza, e doveva essere magnifico e tutto in marmo. E la fabbrica fu condotta fino alla cornice del secondo piano, poi interrotta per la morte di Giuliano. Ma chi ne fu l'architetto? S'ignora e il Gnoli può soltanto pensare ad Andrea Sansovino.

E come mai Giuliano non pensò a Leonardo? Forse perché lo teneva occupato in ben altre faccende o lo vedeva intento ai suoi esperimenti, alle sue costruzioni meccaniche e ricerche anatomiche, o forse perché, desideroso di far presto il palazzo per la imminenza delle nozze, dubitasse (e non aveva tutti i torti) della rapidità di maestro Leonardo?

CAPITOLO VII

LE FORTUNOSE VICENDE DEI MANOSCRITTI VINCIANI

Dispersione dei mss. vinciani. Ambrogio Mazenta, Pompeo Leoni, Galeazzo e Luigi Maria Arconati. Il Codice Arundel. *Trasporto dei codici dell'Ambrosiana a Parigi. Vicende del* Codicetto sul volo degli uccelli. *Cronologia dei codici. I disegni di Leonardo. La scrittura speculare.*

ABBIAMO già piú volte fatto cenno dei manoscritti di Leonardo o quaderni grandi e piccoli, quasi taccuini di note, in cui Leonardo segnava i risultati delle sue scoperte scientifiche, disegni di macchine o ricordi degli avvenimenti della sua vita e delle sue peregrinazioni per tutta Italia, e abbiamo pure accennato alla loro grandissima importanza per la scienza e per la vita del sommo artista. Essi furono quasi ignorati dai suoi contemporanei, ad eccezione di Luca Pacioli e del canonico De Beatis che, al seguito del cardinale d'Aragona, visitando il 10 ottobre 1517 Leonardo nel Castello di Cloux, ha scritto: « Ha anche composto de la natura de acque, de diverse macchine et altre cose, secondo lui ha riferito, infinità di volumi e tutti in lingua vulgare, quali se vengono in luce, saranno profique et molto dilectevoli ».

L'augurio del modesto sacerdote si è avverato dopo quasi 400 anni.

Appunti, pensieri, disegni, schemi di libri di geometria, di meccanica, di idraulica con la loro divisione in capitoli; pensieri sull'arte gettati giù in fretta, poi ricopiati, a volte cancellati; materiale immenso e di primo ordine per una vasta e meravigliosa enciclopedia che non fu mai scritta; e che poeticamente fu definita un vero giornale di bordo per un portentoso viaggio nel mondo sconfinato del sapere. Le preziose carte, i modelli delle macchine, furono lasciati per testamento, come abbiamo detto, al prediletto allievo Francesco Melzi; rivalicarono le Alpi e furono gelosamente conservati al castello di Vaprio, ancor oggi proprietà della nobile famiglia Melzi, presso l'Adda, almeno fino alla morte di Francesco. Forse è dovuta allo stesso la trascrizione dalle carte vinciane di tutti i pensieri sull'arte, raccolti in un codice denominato *Trattato della Pittura*, stampato in Francia alla metà del 1600.

Il figlio Orazio non ebbe le stesse cure del padre pel tesoro vinciano; carte e modelli, rosi e guasti dalla polvere, dalle tarle, furono relegati in soffitta tra le cose inutili; e un poco scrupoloso istitutore, tale Le-

lio Gavardi, poté indisturbato appropriarsi di undici libri di manoscritti e disegni che portò a Pisa con la speranza di venderli al Granduca. Ma non riuscí e, pentito, riconsegnò tutto a G. Ambrogio Mazenta (1565-1635), dotto barnabita, idraulico, architetto, generale della Congregazione dei Chierici regolari di S. Paolo, cui dobbiamo le prime notizie o memorie dei fatti di Leonardo a Milano e dei suoi libri pubblicati soltanto alla fine del 1800. E il Gavardi affidò al Mazenta di fare la restituzione dei manoscritti, di cui s'era appropriato, alla famiglia Melzi. Orazio, sia per premiare la correttezza del Mazenta, sia piú che altro per sbarazzarsi di cose ingombranti e per lui senza valore, regalò al barnabita tutto ciò che era stato trafugato e ben altro ancora.

Della misera fine dei modelli nulla sappiamo.

E da allora cominciò la caccia e la dispersione delle carte vinciane, incoraggiata dalla stupefacente generosità dei Melzi, per l'allettamento che presentavano soprattutto i disegni meravigliosi i quali, piú che pel prezioso contenuto scientifico, eccitavano la fantasia e la cupidigia degli artisti. E tra questi si segnalò lo scultore Pompeo Leoni, figlio di Leone celebre scultore aretino.

Questi poté recuperare dagli eredi del Mazenta dieci dei tredici volumi da essi posseduti; mentre altri erano stati donati ad Ambrogio Figino. Questi ultimi formarono un codice che fu venduto a Venezia nel secolo XVII e di cui non si sa piú nulla; altri ancora pervennero al duca di Savoia Carlo Emanuele e al cardinale Federico Borromeo. Il Leoni poté cosí formare due grossi volumi in modo caotico; uno dei quali, che è l'attuale *Codice Atlantico*, cosí chiamato per le sue imponenti dimensioni (è infatti il piú grande e il piú voluminoso dei codici esistenti), intitolò: *Disegni di macchine e delle arti secrete di L. da V.* credendo che la scrittura speculare, che forse egli non era al caso di comprendere, come non era al caso di valutare l'importanza del suo contenuto, nascondesse cose diaboliche.

Ma ecco infine che un nobile milanese, il conte Galeazzo Arconati (della prima metà del 1600) riuscí ad acquistare il primo dei codici messo insieme dal Leoni, non che altri undici codici, e con memorando esempio di italiana liberalità, resistendo a promesse di lauti compensi del re Giacomo I d'Inghilterra, li donava (1637) alla biblioteca Ambrosiana di Milano. E quivi una lapide ricorda e ricorderà sempre ai posteri l'atto

munifico ed il donatore. L'altro volume composto dal Leoni emigrò in Spagna, dove lo scultore morí nel 1630; fu poi acquistato dal re d'Inghilterra.

Un appassionato raccoglitore di carte e disegni vinciani, per conto proprio e per la corona d'Inghilterra, fu Tommaso Howard, conte di Arundel (1575-1646) che morí profugo a Padova. Parte di esse costituiscono il prezioso fondo vinciano del castello reale di Windsor; parte furono raccolte alla rinfusa e formarono un altro grosso codice, il piú grande dopo l'*Atlantico* e prezioso ornamento della ricca collezione arundeliana. Fu donato nel 1666 alla Società reale di Londra e passò nel 1831 al British Museum, dove è ancora, costituendo il famoso *Codice Arundel 263*.

Ed ancora un altro codice fu acquistato per la Biblioteca di Lord Leicester ed uno per quella del principe Trivulzio in Milano. Cosicché alla metà del secolo XVII i codici allora noti erano tutti conservati in Milano ed in Inghilterra; ed in Milano restarono per piú di un secolo e mezzo indisturbati; ché ben pochi furono gli studiosi che cercassero l'oro in tutto quel materiale grezzo o per lo meno s'interessassero soltanto a ciò che in esso poteva di certo ricavarsi per

la vita e per le opere pittoriche di Leonardo. Dopo lo spoglio che forse Francesco Melzi fece per tutti i precetti riguardanti l'arte pittorica e che poi formarono il famoso *Trattato della Pittura,* pubblicato in Francia dal Dufresne alla metà del 1600, onorevole eccezione quella del domenicano Fra' Luigi Maria Arconati, figlio di Galeazzo, che raccolse, sebbene in modo né perfetto, né completo, quanto riguardava il moto e misura dell'acqua in un codice che è attualmente il *Barberiniano latino 4332* della Biblioteca Vaticana. Fu dato alle stampe ai primi dell'800 e poi recentemente e scrupolosamente edito da Antonio Favaro e M.r Enrico Carusi. I codici dell'Ambrosiana furono studiati da Baldassarre Oltrocchi che da essi ricavò preziose *Memorie storiche sulla vita di Leonardo da Vinci* recentemente pubblicate; da Carlo Amoretti e forse da due illustri matematici del secolo XVIII: Paolo Frisi e Gregorio Fontana. Non era però chiusa la storia e le vicende dei codici ambrosiani; fecero parte dell'ingente bottino delle guerre di Bonaparte nel 1796, insieme con altri inestimabili; trasportati a Parigi, il *Codice Atlantico* fu depositato alla Biblioteca Nazionale e gli altri a quella dell'Istituto di Francia. A Parigi, per somma

ventura, un grande scienziato italiano, G. B. Venturi (1746-1822), in missione pel suo sovrano, il duca di Modena, poté studiarli non da artista ma da scienziato. Non badando al loro ordine cronologico li contrassegnò con le lettere da *A* fino ad *M* (ed è cosí che in seguito vennero sempre indicati) e con *N* il *Codice Atlantico.* Di alcuni fece anche estratti preziosi che per buona fortuna ci sono stati conservati (apografo Venturi, custoditi nella Biblioteca comunale di Reggio Emilia). Cosa ben piú importante, nel suo famosissimo *Essai* (1797) fe' conoscere al mondo, sia pure in modo sintetico e non completo, tutti i tesori delle scoperte e delle investigazioni scientifiche vinciane. Alla caduta di Napoleone, l'Austria, di nuovo padrona del Lombardo-Veneto, ottenne la restituzione di quanto era stato predato a Milano; ma sventuratamente l'incaricato austriaco, per riguardo ai codici vinciani, si accontentò di riprendere il *Codice Atlantico* e dimenticò gli altri volumi della Biblioteca dell'Istituto che quindi rimasero in Francia e mai piú furono restituiti all'Ambrosiana. Il *Codice Atlantico* ritornava finalmente ad aver pace nella quiete dimora della famosa biblioteca, dove ancora si può consultare ed ammirare in nu-

merose custodie, secondo le sapienti disposizioni di Monsignor Ratti, il defunto e compianto Pio XI, allora prefetto della vetusta Biblioteca del cardinal Borromeo, dotto e appassionato cultore di studî vinciani. Ben altre vicende attendevano i codici rimasti a Parigi, dove, dopo il Venturi e verso il 1830-31, furono studiati dal grande storico Guglielmo Libri (1803-1869) da Firenze, professore a Pisa, poscia emigrato in Francia dove raggiunse col suo ingegno una invidiabile posizione come ispettore delle biblioteche (1842) e di Leonardo si occupò in belle pagine della sua *Storia delle matematiche in Italia.* Il Libri era un gran bibliofilo e questo suo grande amore per le rarità lo perdette. Accusato di manomissioni nelle biblioteche francesi fuggí a Londra nel 1850 e condannato in contumacia. Certo portò con sé numerosi fogli tolti ai codici *A* e *B*, in parte soltanto, dopo singolari vicende, ricuperati, e in parte venduti a Lord Ashburnham; di molti fogli mancanti si ha per fortuna qualche trascrizione certamente non integrale nelle carte lasciate dal Venturi.

Al codice *B* era allegato un piccolo quadernetto di 18 fogli, conosciuto col nome di *Codice su 'l volo degli uccelli*; come ri-

sulta dalla carta di donazione dell'Arconati, esso fu asportato dal Libri, nelle cui mani restò fino al 1868, anno in cui lo vendé al conte Giacomo Manzoni di Lugo, altro appassionato bibliofilo; lo vendé, ma solo in parte, mancante cioè di cinque fogli. Nella pubblicazione fatta dal Piumati del detto codice vi è un'ampia relazione documentata di tutto ciò che abbiamo accennato. Nel 1892 il codicetto mutilo passò in proprietà dell'erudito e mecenate russo Teodoro Sabachnikoff che lo pubblicò coll'aiuto di Giovanni Piumati e la traduzione francese di Ch. Ravaisson-Mollien.

Bibliofili di tutto il mondo si diedero alla caccia ed alla ricerca degli altri cinque fogli. Per fortuna furono tutti rintracciati e debitamente identificati; uno dallo stesso Sabachnikoff, che, col codice, ne fe' dono alla Regina Margherita e conservato ora alla Biblioteca Reale di Torino.

Gli altri quattro posti in vendita a Londra nel 1920 furono acquistati dal ricco banchiere e appassionato collezionista Enrico Fatio, oriundo italiano, che ne permise la pubblicazione fatta dalla Reale Commissione Vinciana, curata da M.r Carusi e poi li donò a S. M. il Re. Cosí tutti i 18 fogli del

prezioso codicetto furono di nuovo a posto e restarono in Italia.

Si avevano però notizie di altri tre codicetti esistenti a Vienna ai primi dell'Ottocento e chissà come ivi pervenuti. Divennero proprietà del conte E. G. Lytton-Bulwer (1803-1873), romanziere inglese autore di due celebri romanzi di schietta italianità: *Gli ultimi giorni di Pompei* e *Rienzi*; il quale morendo li lasciava a John Forster, critico d'arte, che a sua volta li donava al Kensigton South Museum di Londra, ora Victoria a. Albert, dove appunto si conservano e sono noti col titolo di *Codici Forster.*

Dei disegni diremo piú oltre. Ma per rendere meno incompleta tutta questa lunga storia e che pur brevemente abbiamo riassunta, altri pochi scritti si hanno che non fanno propriamente parte dei codici; tali ad esempio la lettera al cardinale Ippolito d'Este, dell'archivio di Stato di Modena e le dieci postille apposte al *Codice Laurenziano* della serie Ashburnham, contenente un'opera attribuita a L. B. Alberti, e di cui ha scritto il dotto biografo dell'Alberti, il Mancini, e che tratta appunto *Dei pondi e lieve di alcuna rota.*

Le postille brevissime trattano: *Sugli scamilli*; *sulle onde marine*; *sul punto*; *sul mi-*

surare una superficie quadra; *sul centro di gravità*; *ecc.*

Quanto alla pubblicazione dei preziosi manoscritti che presentava gravi difficoltà sia per la loro dispersione, sia ancora per la difficoltà della loro interpretazione, possiamo osservare che, tranne il *Trattato della Pittura*, alcuni disegni, soprattutto di caricature editi in Francia ed in Inghilterra alla metà del secolo XVII e quella del *Moto e Misura dell'acqua*, pubblicato ai primi dell'Ottocento, la vera e propria pubblicazione integrale dei manoscritti si iniziò alla fine del secolo scorso. E va data ampia lode a C. Ravaisson-Mollien che pubblicò i manoscritti conservati alla biblioteca dell'Istituto di Francia in 6 volumi dal 1881 al 1891, consistente nella riproduzione fototipica, alquanto imperfetta invero, dei codici, la loro trascrizione diplomatica e la traduzione francese corredandoli di diligenti ed estesi indici. Seguirono la pubblicazione del *Codice Trivulziano,* della biblioteca del Principe Trivulzio, curata da Luca Beltrami nel 1891 ed ora al Castello Sforzesco, intitolata al grande leonardista; del *Codice sul volo degli uccelli* (ancor mutilo) di cui dicemmo, nel 1893; quella monumentale compiuta dal 1894 al 1904 del *Codice Atlantico* dell'Am-

brosiana, laboriosa fatica di Giovanni Piumati, ma mancante dell'indice e di alcune pagine rimaste inedite e che verranno presto alla luce per cura della casa Hoepli; i primi quaderni di *Anatomia* dal Sabachnikoff e Piumati; del *Codice Leicester* 1907 a cura di Girolamo Calvi e i sei volumi di *Anatomia* a cura di tre scienziati norvegesi, dal 1911 al 1914. E non abbiamo accennato che alle maggiori, tutte minuziosamente descritte nei due volumi della *Bibliografia Vinciana* di Ettore Verga, uno dei piú dotti e benemerito vinciano, bibliografia che si estende dal 1493 al 1930.

La superba collezione dei disegni conservati a Windsor fu compiuta nel 1935 da K. Clarke.

La creazione della Reale Commissione Vinciana (1902) fu l'inizio della grande pubblicazione dell'intero *Corpus Vincianum.* E sono stati pubblicati i quattro grossi tomi del *Codice Arundel* dal 1923 al 1930 con fototipie, le trascrizioni diplomatiche e critiche e il copioso indice; i *Fogli mancanti al codice sul volo degli uccelli* (1926); i *Codici Forster* della serie minore, pubblicati dalla Libreria dello Stato pure in quattro tomi (1931-1934); e finalmente ha iniziato la pubblicazione dei codici parigini a co-

minciare dal *Codice A* reintegrato con le carte del Venturi e con quelle recuperate nella vendita del fondo di Lord Ashburnham. Perché è da osservare che tale codice era originariamente costituito di 114 fogli; dopo il 1848 esso si trovò ridotto a soli 64, essendone stati asportati ben 50. I 64 fogli furono pubblicati dal Ravaisson e la storia dei rimanenti non si è potuta ricostruire in tutti i suoi particolari, solo sappiamo che gli ultimi 34 fogli furono venduti dal Libri al Lord inglese, e poscia recuperati dalla Biblioteca Nazionale di Parigi. Degli altri 16 fogli, cioè dal foglio 65 al foglio 80 non si hanno notizie e per essi non abbiamo finora che gli appunti dell'apografo Venturi conservato nella Biblioteca Comunale di Reggio Emilia.

Veramente meravigliosa poi è la pubblicazione dei disegni di Leonardo disseminati in tutto il mondo, in pubbliche Biblioteche, nelle Gallerie di Londra, Cambridge, Oxford, Parigi, Venezia, New-York e in raccolte private; scovati e raccolti con somma perizia da Adolfo Venturi, con cura assidua per anni ed anni, con lunghi e faticosi viaggi e ricerche. Si hanno cosí di già quattro grossi fascicoli di tavole, racchiuse in eleganti custodie in cartone ove sono ri-

prodotti e cronologicamente ordinati, secondo le vedute del Venturi, i disegni e gli studî artistici di Leonardo. Ogni fascicolo è preceduto da una dotta introduzione storica, dalla traduzione critica degli scritti che accompagnano spesso i disegni e dalle fototipie (Danesi) che riproducono i piú celebri quadri di Leonardo. Il primo fascicolo comprende i disegni del periodo fiorentino (1470-1473) al quale appartiene, come dicemmo, l'Angelo nel *Battesimo* del Verrocchio; le due *Annunciazioni* e la *Madonna* di Leningrado; consta di 32 tavole. Il 2° fascicolo (periodo 1478-1481) ne comprende 36; è dedicato in massima parte per l'*Adorazione dei Magi.* Il 3° fascicolo, del periodo milanese, contiene gli studî per la *Vergine delle Rocce* e di *macchine guerresche*, contiene 38 tavole dal 1482 al 1489; finalmente il 4° fascicolo di 65 tavole, del periodo 1481-1499, riguarda in gran parte gli studî sul *cavallo* pel monumento a Francesco Sforza.

Una superba e imponente collezione di ben 173 tavole, molte delle quali a colori. E presto sarà edito il 5° fascicolo di 60 e piú tavole.

Del contenuto di questi preziosi documenti abbiamo già avuto qua e là occasione

di parlare, anche per la guida scarsa ma sicura delle note biografiche: e piú ancora ne parleremo in seguito. Vogliamo qui accennare a poche altre questioni: e la prima è quella del loro ordine cronologico, cui certamente non badò G. B. Venturi quando li contrassegnò colle lettere da *A* ad *N*.

Il codice massimo, l'*Atlantico*, e, in minore misura, l'*Arundel*, di cui non sappiamo bene come furono raccolti e formati, contengono appunti che vanno dal periodo primo fiorentino fino agli ultimissimi anni. Una stessa pagina a volte contiene appunti certamente di epoche diverse e lontane o in generale uno stesso codice poté servire a Leonardo per vari anni. Né tutto ciò che è scritto nell'*Atlantico* è di mano di Leonardo, ché sono numerosissime le pagine colla scrittura del Melzi o di altri ignoti. Per gli altri codici si può ritenere che i piú antichi sono il codice *B* (1486-90) e il Trivulziano (1487-90), cui fanno seguito il codice *A* (1452); e poi quei quadernetti di appunti di piccole dimensioni (cm 6 per 9; o 7 per 10; o 10 per 14) che Leonardo portava alla cintola: precisamente *M* (1496-1500); *I* (1497-99); *L* (1499-1503); *K* (1505-09); *G* (1510-15). Il *Codice Leicester* è del 1504-06, quello sul volo degli uccelli del 1505; il ms. *F* fu co-

minciato il 12 settembre 1508; il primo dei *Codicetti Forster* il 12 luglio 1505; gli altri sono anteriori al 1500; e infine il codice E è del periodo 1513-1516.

I preziosi codici tornarono, come si disse, in Italia col Melzi che ben li conosceva. Come mai non pensò alla pubblicazione delle stupende tavole di anatomia e a quelle del *Trattato della Pittura* che è lo spoglio, certo non completo, di tutti i pensieri del maestro e che è fama egli avesse fatto con diligenza, sebbene i codici che di esso si posseggono non sono di mano di Melzi? Le tavole dell'anatomia, che senza misteri ritraggono gli organi piú reposti, avrebbero forse dato scandalo; e per il resto non bisogna dimenticare due fatti: che era convinzione che le carte vinciane, scritte alla rovescia, pareva contenessero cose segrete (non le aveva cosí nominate il Leoni, quando raccoglieva il *Codice Atlantico*?). E su Leonardo, per un infelicissimo apprezzamento del Vasari nella prima edizione delle sue celebri *Vite* (1550) « per il che fece nell'animo un concetto sí eretico che esso appartiene piuttosto a un filosofo che a un cristiano », frase che fu tolta dall'edizione del 1568, e dopo che il Vasari ebbe conosciuto il Melzi, su Leonardo pesava una fama non chiara, in

un tempo di controriforma e nella Lombardia soggetta al dominio spagnuolo. Ciò potrebbe in parte spiegare la prudenza del Melzi. Fatto è che il *Trattato* non vide la luce che in Francia nel 1651.

L'ultima questione infine: perché Leonardo scriveva alla rovescia quasi sempre, con scrittura cioè speculare, sebbene non manchino saggi di sua scrittura regolare, ossia diritta? E della questione si sono occupati profondamente M. Baratta e G. Favaro. Si chiama scrittura speculare perché può essere letta con l'uso d'uno specchio (ma chi ha pratica può farne a meno) e per trasparenza ponendo il foglio contro luce. Dice il Favaro che Leonardo era mancino (lo ha confermato il Pacioli), ma mancino spontaneo, che aveva preso quella tendenza fin dall'età giovanile (si ricordi il paesaggio del 1473) per un ghiribizzo e anelante a fare cose diverse dal comune; non già per celare cose segrete o misteri; ché tal scrittura non era ignota e i suoi contemporanei avrebbero potuto leggerla con assai minor difficoltà che non possiamo noi. La comune scrittura si chiama anche destrorsa centrifuga con la destra; mentre quella usata dai mancini, che per necessità sono obbligati a

scrivere con la sinistra, dicesi destrorsa centripeta.

Due schizzi del foglio 283 V b del *Codice Atl.*, che gli specialisti attribuiscono al Melzi, riproducono la mano sinistra e la barba fluente di Leonardo, che era stato cosí ritrattato dal discepolo; lo strumento scrivente è una penna d'oca e rivela il modo con cui Leonardo scriveva, colla sinistra, tenendo piú flesso dell'anulare il dito medio.

Col tempo e cogli anni la scrittura si è cambiata, alterata; alcuni fogli del secondo dei *Codicetti Forster*, sono veri saggi calligrafici, scrittura regolare, nitidissima; poi la scrittura diventa piú larga, meno regolare.

Queste son le cose piú notevoli che volevamo ricordare.

CAPITOLO VIII

IL PARADISO DELLE MATEMATICHE LA SCIENZA MECCANICA E LE SCIENZE FISICO-MATEMATICHE

Leonardo matematico: le lunule, le trasformazioni dei solidi, la geometria del tetraedro. La meccanica di Leonardo: statica dei corpi rigidi e deformabili: dinamica; la meccanica dei liquidi (idrostatica e idrodinamica). Le scienze fisico-matematiche: fisica generale. L'astronomia.

Ci accingiamo ora all'ardua impresa di dire della vasta opera scientifica di Leonardo. Malgrado la lunga e amorosa consuetudine di studi vinciani in seno alla R. Commissione Vinciana, che data oramai da ben diciassette anni, esplicatasi nella collaborazione alla pubblicazione del *Cod. Arundel*, dei *Codicetti Forster*, io sento purtroppo quanto sono deboli le mie forze per un sí elevato e grave cómpito, reso ora anche piú difficoltoso da un semplice desiderio: quello di essere piú che possibile completo (con Leonardo non lo si è mai del tutto) e quello di riuscire non troppo oscuro e non troppo aridamente tecnico specialmente in un lavoro di sintesi e di divulgazione. Ho quindi bisogno di invocare e di fare assegnamento sulla grande benevolenza del lettore; pur avendo approfittato

del ricco e poderoso contributo soprattutto italiano agli studî vinciani.

Alcune massime di Leonardo, ben note e che qui ricorderemo, danno un'idea netta dei suoi pensieri sulla potenza delle matematiche nelle applicazioni alla meccanica e a tutte le scienze della natura e sul valore, la portata e i limiti dell'esperienza.

« Nessuna certezza è dove non si può applicare una delle scienze matematiche over che non sono unite con esse matematiche » (*G*, 96 v).

« Chi non è matematico non mi legga nelli mia principia » (*Quaderni di Anatomia*, IV, 14 v).

« La meccanica è il paradiso delle scienze matematiche, perché in quella si perviene al frutto matematico » (*E*, 8 v).

« La sperienza non falla mai, ma sol fallano i nostri giudizi, promettendosi di quelli effetti tali che dai nostri esperimenti causati non sono » (*Atl.* 154 R b).

« Nessun effetto è in natura senza ragione. Intendi la ragione e non ti bisogna sperienza » (*Atl.* 147 V a).

Leonardo, diciamolo subito, fu meccanico, inventore, naturalista, tra i piú eccelsi; ma non fu certamente matematico di professione nel significato che ora si attribui-

sce a questa parola, pur avendo intuito profondamente tutto il prezioso sussidio che dalle matematiche si può trarre in ogni ramo dello scibile.

Iniziata modestamente in Firenze, presso le scuole degli abachisti, la sua educazione matematica, essa si completa a Milano sotto la influenza del Pacioli. I suoi appunti testimoniano il grande studio che Egli fa di Euclide; le prime incertezze nel calcolo delle frazioni che si riscontrano nelle complicate regole seguite nei più semplici problemi relativi alla leva; quelle sul calcolo dei radicali vanno a mano a mano scomparendo coll'andar degli anni, come si riscontra nell'*Atl.*; anzi in un punto del *Cod. Arundel*, 17 v, nella ricerca del baricentro di una mensola il calcolo dei radicali è perfetto. D'altra parte non ha vergogna della sua ignoranza, e scrive (*Atl.* 120 R d) « impara la moltiplicazione delle radici da maestro Luca » che è il Pacioli di cui, per 119 soldi ha acquistato la *Summa* (*Atl.* 104 R a) imitandone il linguaggio tecnico.

Le regole algebriche erano quasi nell'infanzia all'epoca di Leonardo, riassunte nell'arte cossista, da "cosa" (incognita); ed Egli nota, forse per studiarlo, « un libro d'equazione » (*Atl.* 128 R r); nomina "cosa",

"censo", "cubo" (*Atl.*, 252 Vb), secondo la terminologia dei "cossisti"; « Alberto da Imola: alcibra, cioè insegna come numero e cosa s'uguaglia a cosa e numero » (*K*, 25 v), in cui si tratta di risoluzione di equazioni di primo grado, per quanto, sia l'autore, sia il libro siano del tutto sconosciuti; annota ancora « arcibra ch'è appresso i Marliani, fatta dal loro padre » (*Atl.* 225 R b).

Ma all'infuori di questi vari e brevi cenni, di algebra Egli non si è mai occupato. È ben vero che alcune semplici questioni meccaniche (resistenza di materiali, attrito) conducono a facili equazioni lineari; ma Leonardo le risolve, almeno nei casi piú semplici, non per via algebrica; quando le cose si complicano, i risultati non sono esatti.

Le sue preferenze, e non deve far meraviglia, sono per la geometria. In *Arundel* 132 v, scrive: « el Vespuccio mi vol dare un libro di gieometria », affermando cosí le relazioni con il nipote del famoso viaggiatore, Bernardo, professore di astrologia a Padova.

Gli autori maggiori però sono Euclide, Archimede ed Erone, le cui opere poté leggere in un riassunto nella famosa enciclopedia di Giorgio Valla *De expetendis et fugiendis rebus* (Venetiis, Aldi Romani, 1501). Della sua partecipazione all'opera *De divina pro-*

portione e delle relazioni col Pacioli abbiamo già detto.

Di Euclide poté avere conoscenza dall'edizione veneta del 1482 o da quella del Valla (1489). Numerosissimi i riferimenti ai famosi *Elementi*.

Una prima parziale stampa delle opere di Archimede (che spesso Leonardo, seguendo il Gaurico, chiama Archimenjde) fu fatta da Luca Gaurico nel 1503, famoso astrologo alla corte mantovana e poi vescovo, ma contiene la sola opera sulla dimensione del circolo e la quadratura della parabola. E Leonardo poté avere conoscenza di Archimede da questo libro, oppure da un codice di Moerbek della Vaticana o dal *Codice Urbinate*, di cui dicemmo.

E critica il metodo di Archimede per la quadratura del cerchio (*Atl.* 85 R a); esprime in forma propria e caratteristica la quadratura e cubatura del cilindro e della sfera (*Arundel* 77 v); anzi per il volume della sfera asseriva (*G*, 39 v): «quadrato che hai la superfitie della sfera, comparti esso quadrato in tanti quadretti quanto a te piace purché siano in fra loro eguali e fa che ciascun quadrato sia basa d'una piramide della quale l'assi sia semidiametro della sfera che voi cubare e sieno tutti eguali»; ovvia de-

duzione del volume della sfera con considerazioni infinitesimali.

E nomina Archimede per il ritrovamento della sua tomba fatta da Catone (!!) (*Arundel* 279 v); per la invenzione dell',,architronito" (*B*, 33); per la storiella dei famosi navilii armati, e quella del cannone di Archimede in una immaginaria guerra tra spagnuoli ed inglesi (ms. 2038, 12 v).

Le ricerche geometriche di Leonardo, di cui a lungo mi sono occupato sin dal 1928, riassunte nei miei *Studi Vinciani* possono dividersi in due gruppi. Quelle che sono pure e semplici trascrizioni o ovvie semplificazioni di cose ben note ai suoi tempi e che Egli notava per semplice ricordo o per esercitazione; e quelle altre che invece hanno un carattere di maggiore originalità.

Per quanto riguarda le prime, mi par fuor di dubbio che quanto è contenuto nel primo dei *Codicetti Forster*, sulla inserzione delle due medie proporzionali e la duplicazione del cubo, ripetute nell'*Atl.*, in *Arundel* 178 v, 179 r e v, sono tratte dal Valla; sebbene non manchino osservazioni degne di nota.

Erano note ai suoi tempi certe costruzioni di geometria piana, eseguite con un solo aprire di seste, un capitolo della geometria del compasso. Notissimo anche tutto

ciò che la pratica dei disegnatori conosceva per la inscrizione esatta o approssimata dei poligoni regolari in un cerchio, e di pretta derivazione araba. A questi problemi si riferiscono numerosi appunti dei mss.; non aggiungono sostanzialmente nulla di nuovo, sebbene qua e là non manchino osservazioni eleganti; p. es. quella della inscrizione di un ottagono regolare in un quadrato.

Leonardo costruisce compassi di precisione e « seste da diminuire o cresscere una dosa da loro misurata con egual proporzione in ciascuna parte » e di cui la migliore descrizione è in *Forster* I, 4 r; compasso, come si dice, ad aste mobili intorno ad un pernio che può a piacere far variare le distanze delle quattro punte di esso. Esso è il capostipite di una lunga serie di compassi geometrici che furono poi inventati.

Leonardo se ne vale per dedurre (*Atl.* 36 g V a) da una circonferenza una "ovale", cioè una ellisse, in modo che l'asse maggiore sia il doppio del minore: e nota che l'ellissi ha area doppia del cerchio il cui raggio è eguale all'asse minore; e scrive: « e questa tal prova resta persuasiva immaginando essere diviso il circolo in istrettissimi paralleli a modo di sottilissimi capelli in continuo contatto fra loro e che il moto di cia-

scun parallelo sia rectamente duplicato nel medesimo parallelo ».

Il metodo, applicabile al caso in cui il rapporto dei due semiassi è qualunque, è un chiaro accenno al metodo che noi chiamiamo infinitesimale,. e di cui Leonardo dà altri esempi geometrici e meccanici.

In varie costruzioni geometriche, estrazioni di radici ecc., Egli fissa, ed è notevole osservarlo, l'unità lineare di misura di cui si vale. Occupandosi di ottica Egli nitidamente disegna qualche caustica per riflessione e ciò fa giustamente ritenere ch'Egli ha avuto chiara nozione delle curve inviluppi; anzi (*Atl.* 271 Vd) parla esplicitamente delle normali ad una curva piana e dice che quelle molto prossime concorrono in un punto « tanto più remoto quanto la curvità è minore ». Primo e pallido accenno alla evoluta ed al centro di curvatura di una curva.

Le sue conoscenze però non vanno molto in là, oltre la conoscenza della ellisse, della parabola e della spirale d'Archimede, indicata come linea reverticolare o reverticolo (*K*, 50; *G*, 54 v; *Atl.* 123 R r, ecc.).

Le ricerche che, come dicemmo, presentano maggior carattere di originalità sono

quelle sulle lunule e sulle trasformazioni dei solidi.

Se si circoscrive una semicirconferenza ad un triangolo rettangolo isoscele e altre due sui due cateti esternamente al triangolo, si formano due "menischi" o lunule eguali, limitate da archi di circonferenza, ognuna delle quali è equivalente alla metà dell'area del triangolo, ossia ad un quadrato avente per lato la metà di uno dei cateti. Si ha cioè un primo semplicissimo esempio di figure a lati curvilinei quadrabile; la prima delle lunule di Ippocrate da Chio (v sec. a. C.) di cui ci ha dato notizia Simplicio, famoso commentatore della *Fisica* di Aristotele.

Nel commento completo, che fu pubblicato solo ai nostri giorni dal H. Diels (1882), è esposta la quadratura di altre due e piú complicate lunule, a cui poi se ne aggiunsero altre da molti matematici fino ai nostri giorni. L'informatore di Leonardo su questo argomento è il libro del Valla, che nel cap. 1° del libro IV, tratta della lunula di Ippocrate conosciuta ai suoi tempi. In vari fogli dell'*Atl.* (124 Vb, ecc.) Leonardo ricorda tale teorema sulla lunula e assai facilmente lo generalizza, considerando non piú un triangolo isoscele rettangolo ma un qualunque triangolo rettangolo: ottiene cosí

due lunule non piú eguali e non piú quadrabili; ma due lunule la cui somma, eguale a quella del triangolo, è quadrabile. Tale teorema nei secoli successivi venne impropriamente denominato della lunula di Ippocrate. Con molte considerazioni e figure che ricordano in modo singolare quelle tracciate da Leonardo, il teorema fu pubblicato per le stampe da quel singolarissimo ingegno di G. B. Porta nei suoi *Elementorum curvilineorum* nel 1601 (fig. 1).

È però assodato che esso era già stato dato, cinque secoli prima, da un dotto geometra e astronomo arabo, Alhazen, in un'opera sulla quadratura del cerchio, fatta però conoscere solo nel 1899; opera che Leonardo non ha certamente conosciuto; mentre che dell'ottica del dotto arabo, attraverso quella di Vitellio, ha avuto notizia, come vedremo.

La facile generalizzazione a cui Leonardo era ben capace di giungere e che Egli prova cosí come potremmo farlo ora (*Atl.* 142, Vb) è stata presumibilmente il punto di partenza di tutte le sue numerose ricerche sulle lunule quadrabili, iniziate come dicemmo, a Milano e compiute a Roma nel luglio 1514, sotto il titolo *De ludo geometrico.*

I metodi di cui Egli si vale sono quanto

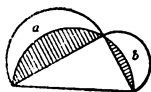



Fig. 1.

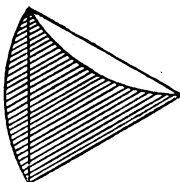



Fig. 2.

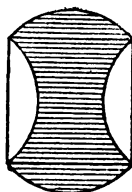



Fig. 3.

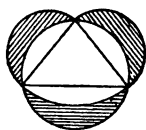



Fig. 4.

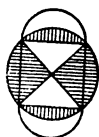



Fig. 5.

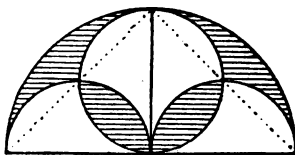



Fig. 6.

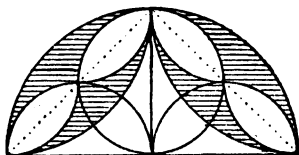



Fig. 7.

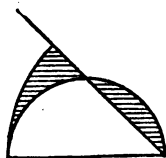



Fig. 8.

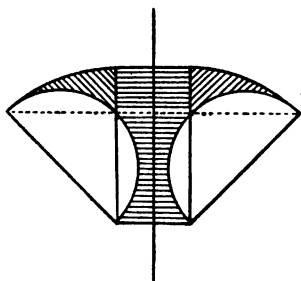



Fig. 9.

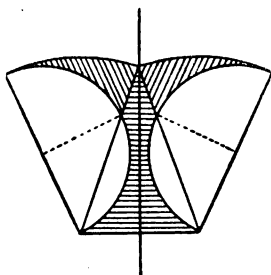



Fig. 10.

mai semplici e primitivi, che tuttavia conducono a risultati interessanti e non privi di eleganza e sono prova del suo squisito gusto geometrico e danno luogo a disegni di intrecci e a bei motivi artistici.

Uno dei principî di cui si vale, ch'Egli tratteggia con una sola esplicita frase: aiutati col prestare, per ottenere "falcate", "lunule", o "bisangoli" quadrabili, è appunto questo di aggiungere e togliere parti eguali da una figura che si sa quadrare. Cosí ad esempio se sui due lati eguali di un triangolo isoscele si descrivono due archi di circonferenza eguali, l'uno interno e l'altro esterno, togliendo dal triangolo il segmento circolare interno, aggiungendo quello esterno, si ha un nuovo triangolo di cui due lati sono archi eguali di circonferenza, e la cui area, equivalente a quella del triangolo primitivo, è quadrabile (fig. 2). Un procedimento analogo è applicato al quadrato (fig. 3); e ad altre figure (figg. 4, 5, 6 e 7).

Un secondo principio è quello del ribaltamento o simmetria rispetto ad un asse, o anche della rotazione intorno ad un asse.

Leonardo parte da una semplice osservazione. Per l'estremo del diametro di una semicirconferenza traccia una corda inclinata

di 45° sul diametro, che determinerà un segmento circolare; fatto centro nello stesso estremo e con raggio eguale al diametro si traccia una nuova circonferenza; l'area compresa tra essa, la primitiva semicirconferenza e la corda è uguale al segmento circolare; ciò che si verifica subito. Leonardo tratteggia le due aree eguali chiamandole parti depennate: però tali aree non sono quadrabili (fig. 8). Ma se si fa la simmetrica della figura rispetto ad un asse parallelo alla corda, si viene a formare una nuova figura ("depennata") (fig. 9) a forma di ancora, che è equivalente all'area di un rettangolo segnato in figura e che è quindi quadrabile. Lo stesso se si fa la simmetrica rispetto ad un asse uscente dal vertice della lunula (figura 10).

È quasi impossibile riferire e riassumere tutto il vantaggio che Leonardo sa trarre da principî cosí elementari, riuscendo a risultati svariatissimi ed eleganti, sparsi in numerosissimi fogli dell'*Atl.* Basti dire che in 167 Ra, 167 Rb Egli considera ben 174 piccole lunule! Ma è sufficiente aver qui semplicemente accennato alle cose generali e di ricordare che lo studio di tale argomento è stato oggetto di lavori ulteriori da parte di valenti matematici sino ai nostri giorni.

Altro argomento favorito degli studî geometrici di Leonardo è la trasformazione dei solidi, cioè « d'un corpo 'n un altro senza diminuzione o accrescimento di materia » come dice al principio di *Forster* I, cominciato nel giugno 1505 a Firenze. E qui l'ispiratore è il celebre e dottissimo cardinale Niccolò da Cusa (1401-1464) che appunto in un opuscolo, *De trasformationibus geometricis*, si è occupato di problemi relativi a trasformazioni di solidi (prismi, piramidi, cilindri) in altri equivalenti; tali ad esempio la trasformazione di una colonna a base quadrata (o tavola secondo la nomenclatura vinciana) in un cubo; il problema di assegnare un cubo somma o differenza di due dati cubi, ecc. L'opuscolo del Cusano è dedicato a Paolo Toscanelli.

Leonardo prosegue e completa le ricerche del Cusano in numerosi appunti del *Codice Atl.*, piú o meno corredati di dimostrazioni, facendo frequenti riferimenti ad altri teoremi di capitoli di uno dei tanti trattati ch'Egli doveva comporre.

L'esame approfondito del primo *Codicetto Forster*, pubblicato dalla R. Commissione Vinciana nel 1930, ha condotto a questa lieta sorpresa: nella prima parte del codice si ha una chiara, completa e sufficientemente or-

dinata redazione di quel trattato, cui negli altri appunti sparsi negli altri codici Egli si riferisce.

Si tratta semplicemente di algebra geometrica; costruzione cioè di formule algebriche di secondo e terzo grado, conseguite con ammirevole semplicità e spinte quasi sempre fino agli ultimi particolari, concluse in regole limpide da doversi facilmente applicare da artigiani peritissimi nel disegno; ché Leonardo non perde mai di vista gli scopi pratici; e i cilindri e i prismi sono per lui tavole e blocchi di effettivo materiale da trasformare. Egli precisa lo scopo del suo trattato: « Geometria che ss'astende nelle trasmutazioni de' corpi metallici, che son di materia atta a stendersi e racortare secondo le necessità de' loro speculanti ». Presentano un maggior interesse i problemi di terzo grado, oggetto del secondo libro, fondate sul problema della inserzione di due medie proporzionali, che Leonardo conosce dal libro del Valla; e tra questi menzioniamo: la trasformazione di una colonna a base quadrata in un cubo, di cui riproduciamo la figura (fig. 11) e il suo inverso, trasformazione cioè di un cubo in una colonna a base quadrata di cui si conosce l'altezza (fig. 12); il problema di assegnare un cubo somma o diffe-

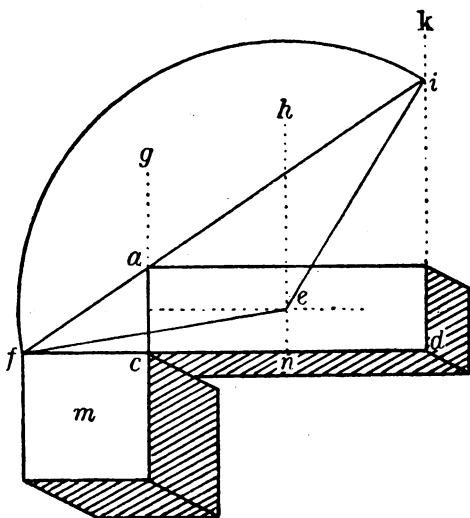



Fig. 11.

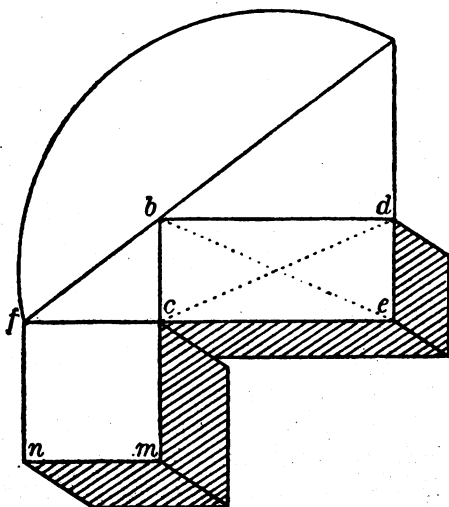



Fig. 12.

renza di due altri; e quello veramente elegante della costruzione di un parallelepipedo simile ad un altro ed equivalente ad un dato cubo.

Leonardo, pur restando nel campo elementare degli elementi geometrici, risolve adunque con eleganza problemi nuovi e del massimo interesse.

Infine con le sue ricerche sul baricentro di un tetraedro Egli dà un bel contributo a quella che ora si chiama la geometria del tetraedro. Egli ha infatti notato e dimostrato che gli "assis" di un tetraedro, cioè le rette che uniscono i vertici coi baricentri delle opposte faccie triangolari, concorrono nel baricentro del tetraedro che divide ciascuno degli assis in parti che stanno come uno a tre. Nel f. 118 v dell'*Arundel*, Egli disegna tre figure, sulle quali quasi senza dir parola si può seguire la dimostrazione del puro teorema geometrico, cosí come la faremo noi. E nota altresí, ma non ne fa la dimostrazione (*Arundel* 123 v), che i segmenti che uniscono i punti medi delle quattro coppie di lati opposti del tetraedro concorrono nel baricentro e vi restano bisecati. Ma vi torneremo in seguito. Come pure piú oltre accenneremo ai molteplici e infruttuosi tentativi per la risoluzione del problema

della "incidentia" o problema di Alhazen e sulla costruzione di strumenti matematici.

In conclusione non si può che confermare quanto avevamo premesso. Leonardo non è matematico di professione e non fa della matematica astratta; si occupa di matematica, piú precisamente di geometria, perché essa è il paradiso della meccanica; le sue investigazioni non sono certo da porsi al livello dei contributi arrecati alla meccanica teorica e alla tecnica; purtuttavia, gli albori di quel secolo così fecondo e luminoso per gli studi matematici in Italia, non sono del tutto trascurabili.

La meccanica è la scienza prediletta di Leonardo, cui ha dedicato il piú e il meglio della sua intima vita di ricerche e di pensiero; meccanica nel senso piú ampio della parola, sia cioè come parte basilare della fisica generale (meccanica dei solidi rigidi e deformabili e dei liquidi), sia come meccanica tecnica colle sue innumerevoli applicazioni; la scienza dove ha dato maggior contributo di originalità.

E noi ci accingiamo a darne un cenno, forzatamente breve pei limiti imposti al lavoro e per la stessa indole del volume. È un tema vasto, ampiamente svolto dal Duhem,

dal Caverni e di cui anche io mi sono a lungo occupato. E in questa troppo rapida rassegna noi seguiremo l'ordine storico delle divisioni della meccanica. Pur tuttavia è opportuno premettere una osservazione.

Leonardo si è magistralmente occupato di cinematica; piú propriamente di meccanismi per la trasformazione di movimenti e di cui diremo nel prossimo capitolo. Ma per una questione relativa al tornio ovale parve allo Chasles dover attribuire a Leonardo la scoperta di un principio di cinematica teorica, cioè del principio di dualità dei movimenti. Abbiamo già detto della annotazione, in Roma, di Leonardo, sul tornio ovale da far eseguire al tedesco; ma nessun altro accenno né schizzo si trova nei suoi mss. Bisogna ricorrere alla testimonianza di Giov. Paolo Lomazzo, che raccolse preziose notizie, se non sempre esatte, da Fr. Melzi; e nel *Trattato dell'arte della Pittura*, Milano 1584, e piú esplicitamente nell'*Idea del tempio della Pittura*, Milano 1590, afferma che « Egli ritrovò l'arte d'intorniar gli ovati, che è cosa di molta meraviglia, la quale fu poi insegnata da un discepolo del predetto Melzi, a Dionigi fratello di (Ambrogio) Maggiore, che la esercita hora felicemente ».

Giova qui ricordare che se con un movi-

mento di rotazione si fa rotolare un cerchio dentro un altro di raggio doppio e si immagina connessa col cerchio mobile una piastra, i punti di essa descrivono delle ellissi, mentre i punti del cerchio mobile tracciano delle rette, diametri del cerchio maggiore (proprietà osservata da G. Cardano), che forse non poté essere sfuggita a Leonardo costruttore di tanti e tanti meccanismi di rotazione. E sono stati costruiti eleganti e semplici modelli che rendono perspicua tale proprietà, su cui poi è fondato il compasso ellittico, atto cioè a descrivere delle ellissi con moto continuo. Tale moto però non è quello del tornio, in cui la punta dello stilo fisso deve incidere sopra una piastra mobile. Ma è qui che interviene il moto duale già detto; se si tiene fisso il cerchio minore e si fa rotolare il maggiore sul minore, e si connette una piastra col primo, nel movimento uno stilo fisso traccia sulla piastra mobile una ellisse. È questo appunto il principio del tornio ovale e dei suoi numerosi derivati; e lo Chasles non esita ad attribuire tutto ciò a Leonardo. Ma su quali documenti certi? Non bisogna correr troppo. È proprio cosí che faceva Leonardo, o non si valeva di qualche virtuosità di cui gli intagliatori o tornitori di tutti i tempi sono

stati abilissimi? Non si può asserire nulla di positivo.

Un abilissimo tornitore ed esperto teorico di tale arte, Carlo Plumier, nel 1701, parlando appunto del tornio ovale dice di aver sempre desiderato di conoscere l'autore di questa macchina, per rendergli l'onore che merita; e narra di averne veduta una in Roma presso un abile tornitore tedesco. Si conservavano in Roma, dopo quasi due secoli, le tradizioni del tornio ovale da far fare al tedesco? E speriamo che altri piú abili e fortunati trovino nuovi documenti decisivi per aggiungere ancora una gloria alle tante glorie di Leonardo.

E dopo questa parentesi cinematica, torniamo allo scopo principale di questo capitolo; alla statica di Leonardo.

Alla meccanica Leonardo ha dedicato i migliori anni della sua vita; di ricerche, di questioni su tutti i campi della meccanica sono sparsi tutti i suoi mss. Ma è purtroppo mancata l'opera di riordinamento, di lima e di sintesi. Il suo trattato *De peso e moto* che afferma di aver per lo meno iniziato a Milano, e tale affermazione è esplicitamente confermata da Luca Pacioli, trattato a cui spessissimo Egli si riferisce citando capitoli e proposizioni degli elementi macchinali,

non è stato mai compiuto o non ci è pervenuto. E quando al 1508 in Firenze ebbe intenzione di mettere in ordine le sue ricerche, non andò probabilmente oltre le prime trenta pagine (*Cod. Arundel*); e, data la ignoranza in cui siamo circa la formazione di quel codice, non possiamo trarre conclusioni certe sullo sviluppo e la data delle sue scoperte e sulla loro stessa essenza. Nulla di piú ci dice il portentoso *Codice Atlantico*, in cui in maniera caotica, con cura minuziosa, tutto ciò che restava delle preziose carte nelle soffitte della villa di Vaprio e qua e là in tutta Italia fu conservato, ritagliato, incollato senza ordine. E in esso si trovano i tentativi dei primi studi giovanili accanto a quelli della vecchiaia, le scoperte accanto agli inevitabili errori; la nota di idraulica e una ricerca o esperienza di idrodinamica accanto ai conti della spesa giornaliera, lo schizzo di una nuova macchina insieme con una favola o una facezia o una profezia, ciò che ricava dagli altri e trasforma nella sua prosa incisiva e robusta, con ciò che inventa. Né tutto ciò che contengono i fogli è di mano di Leonardo; molti scritti sono del Melzi e uno stesso foglio serví ad appunti scritti in epoche diverse e lontane.

Attraverso ciò che ci resta, malgrado il tempo, le dispersioni e le mutilazioni, si può, con paziente lavoro di critica, di confronti e della conoscenza che ogni giorno si va sempre piú perfezionando, della scienza dei suoi tempi, ricostruire la meccanica vinciana?

È ciò che si è tentato di fare da esimi studiosi, che hanno cercato di fissare il posto di primo ordine che Leonardo occupa nella storia del rinnovamento della meccanica e fanno salutare in lui il grande precursore di Galileo e della meccanica moderna.

Che se anche alcune delle sue vedute e invenzioni sono oramai sorpassate, altre sue concezioni risultano inadeguate e incomplete, tuttavia il metodo della ricerca sperimentale e della invenzione, i principî fondamentali della statica, della dinamica, della scienza delle costruzioni, del moto delle acque, sono ancora un patrimonio vivo e saldo da lui assicurato alla scienza, una delle sue vere e grandi glorie.

Tutto ciò che la meccanica greca ci ha tramandato colle opere di Aristotele, soprattutto le *Questioni meccaniche* e la *Fisica*, oggetto di infiniti commenti da parte dei piú grandi sapienti e di studio approfondito nelle scuole universitarie; alcune delle opere

di Archimede, delle quali, come dicemmo, poté avere notizia diretta o indiretta, tutto ciò è ben noto a Leonardo.

Sebbene nell'*Atl.* Egli citi *Erone de acque,* tuttavia è dubbio che possa aver avuto notizia dell'altra opera di Erone sulla *Meccanica*, fatta conoscere dal dotto arabista Carra de Vaux in tempi recenti; per quanto non si possa del tutto escludere che alcune delle idee di Erone, per vie che ci rimangono ancora ignote, abbiano potuto giungere agli occidentali e si siano conservate, come è avvenuto per altre scoperte; ad esempio di Archimede.

Ma la sua fonte maggiore di studio sono le opere di Giordano Nemorario. Tali opere furono famose in tutto il medio evo: parte rimasero inedite, altre assai tardi furono stampate; ma, strano a dirsi, noi ben poco sappiamo dell'autore. L'ipotesi piú plausibile, del Boncompagni, è quella della sua identificazione con Giordano di Sassonia, generale dei domenicani nel 1221 e morto il 1236; i suoi libri poi sono del secolo XIII.

Il *Liber Jordani de ratione ponderis*, cosí importante come ora diremo e anche cosí profondamente diverso da altri che vanno sotto il suo nome, p. es. il *De ponderibus*, ha fatto nascere in Duhem il sospetto che

si tratti di due autori diversi e all'autore del *Liber* citato egli ha onorevolmente dato il nome di Precursore di Leonardo. L'esempio fu contagioso perché si cercò anche un precursore di Stevin.

La cosa pare a noi assai piú semplice. Giordano è un geometra dotto, autore del *Liber de ratione ponderis*; copisti ignoranti, mettendo insieme vari trattati a fondo prettamente aristotelico, poterono fornire altro volume piú commerciabile, escludendo le belle cose del citato libro che certamente non compresero. Abbiamo sempre il mistero di Giordano, ma è un mistero solo.

Il libro di Giordano è capitale per la storia della meccanica, perché esso contiene la bella scoperta della condizione di equilibrio su di un piano inclinato, acutamente ed elegantemente dimostrata, ossia, come dicevano i vecchi meccanici, la risoluzione del problema della « *gravitas secundum situm* » ignota alla meccanica greca, che ha conosciute le condizioni di equilibrio delle altre macchine semplici ricondotte alla leva; e quella dell'equilibrio della leva angolare; nelle quali ricerche si possono già intravedere l'affermazione del concetto di momento di una forza e una modesta e corretta applicazione del nostro principio dei lavori virtuali.

Del *Liber* il Tartaglia ne fece estratti che pubblicò nei suoi *Quesiti et inventioni diverse* (1546); il volume fu poi pubblicato dopo la sua morte.

Leonardo conosce Giordano e il *Liber*: « Fatti mostrare dal frate di Brera *de ponderibus* » (*Atl.* 225 R b). « Togli *de ponderibus* » (*Atl.* 247 R a), « Giordano: *de ponderibus* (*Quaderni di anatomia*, II, 22 v), ecc.

Tutte le considerazioni di Leonardo sulla leva retta ed angolare si ispirano da Giordano. Ma sorvola sempre sulle dimostrazioni, ciò che è un carattere costante degli scritti e ricerche di Leonardo, il quale, dopo aver fissata in forma esplicita, scultoria e definitiva la regola, si preoccupa delle applicazioni e la ricerca vuol saggiare al lume della pratica. Eccone fra tanti un esempio; quello della leva angolare, la cui regola Egli apprende da Giordano:

« Regola della bilancia angolare. La equilibra angulare è quella della quale la congiungente delle sue dirette braccia è angolare; nel quale angolo il suo polo è collocato. Braccio s'intende dove cade il centro del peso apicatovi.

« Sempre le distanze che hanno li oppositi stremi della bilancia angulare dalla linea centrale del polo suo, fian nella mede-

sima proporzione quale è quella che hanno le lunghezze delle braccia d'essa bilancia infra loro; ma fia proporzione conversa » (*Arundel* 32 v).

Il concetto di momento è già implicito in questa condizione di equilibrio, in cui si considera forzatamente il prodotto di una forza (peso) per una lunghezza (braccio) e che solo dai meccanici posteriori a Leonardo verrà esplicitamente considerato. Concetto piú o meno familiare ai dotti della scuola alessandrina, Erone, Pappo, che con lenta ed invisibile tradizione si era trasmesso ai meccanici occidentali, a Giordano e quindi a Leonardo.

Nell'*Atl.* 268 Vb, dopo aver tracciato una figura celebre che ricomparirà poi negli scritti dei suoi successori fino a Galileo, Egli scrive: « Tanto s'allegerisce un grave al suo sostentaculo, quanto 'e si fa piú distante al perpendicolare che ha il fermamento del sostentaculo. Il quale alleggerimento ha tal proporzione con tutto il peso quale ha la lunghezza del suo sostentaculo ». In essa è già implicita la legge di equilibrio sul piano inclinato da Giordano dimostrata e che Leonardo enuncia quasi allo stesso modo (*Atl.* 354 V); e ne accenna una ingegnosissima verifica sperimentale in *H*, 81 v,

che precede quella ben famosa data un secolo dopo da Stevin.

Ma Leonardo fa un altro passo innanzi. Scopre due casi particolari del teorema che noi diciamo di Varignon sui momenti di forze concorrenti. Leonardo sa comporre con metodi grafici piú forze parallele; poi si propone il problema di assegnare le tensioni dei due tratti di una fune fermata pei due suoi estremi e che in un suo punto intermedio sorregge un peso. Evidentemente si tratta della decomposizione di una forza secondo due direzioni complanari, che noi eseguiamo colla ben nota regola del parallelogramma delle forze.

Leonardo (*Arundel* 1 v) traccia le figure che qui riproduciamo (figg. 13 e 14) e scrive: « Per la 6ª del 9º, il grave 3 non si distribuisce alle braccia reali della bilancia nella medesima proporzione che è quella d'esse braccia, ma in quella proporzione che hanno infra loro le braccia potenziali ».

Le braccia potenziali sono le perpendicolari tracciate in figura, ma la proporzione è inoltre conversa (una lieve dimenticanza, perché le applicazioni sono correttissime). Qui dunque Leonardo scopre che i momenti delle due tensioni (componenti) rispetto ad un punto della risultante sono

eguali (numericamente o, come diciamo noi, eguali in valore assoluto). E poi in *Arundel* 7 v, prendendo il polo su di una delle corde, trova che il momento del peso eguaglia quello della componente; e ciò gli permette la risoluzione numerica del problema della composizione e decomposizione delle forze. È il piú gran passo fatto nella statica, dopo quello di Giordano. Leonardo non ci dice, come al solito, in qual modo vi sia arrivato; si contenta di mostrarne le piú utili ed importanti applicazioni. I due teoremi citati ed esposti nelle prime pagine dell'*Arundel* composto a Firenze nel 1508, sono stati scoperti assai prima, trovandosene già cenno nel *Forster* II, 102 v, di data anteriore al 1500.

Leonardo ha ripreso le considerazioni e le ricerche di Archimede sulla teoria dei centri di gravità delle figure piane, ispirandosi ancora a quelle, assai piú vaghe, di Alberto di Sassonia (sec. XIV). Sorvolando su cose meno originali e interessanti, accennando di volo alla ricerca del baricentro di una mensola, di un semicerchio, ottenuto con metodi approssimati, il maggior contributo di Leonardo è di aver trovato, o ritrovato, il baricentro del tetraedro, nell'incontro dei suoi quattro "assis", e nel bel teorema cui ab-

biamo già accennato. Ma anche qui Egli non ci informa affatto del metodo seguito per la scoperta (ms. *F*).

Il passaggio dal tetraedro « ad ogni piramide tonda, triangula, o quadrata o di quanti lati si sia » (*Arundel* 21 v) era ben facile e Leonardo agevolmente lo ha compiuto.

Egli ha riconosciuto tutta l'importanza del baricentro nel moto dei corpi e in particolare nel volo degli uccelli; ed ha altresí formulato il principio statico del cosiddetto « poligono di sostentazione » (*Arundel* 11 r). Un corpo pesante che poggia in equilibrio su di un piano orizzontale deve avere la verticale del suo baricentro situata in modo da colpire la base in un punto interno al poligono contorno (poligono di sostentazione). E a tal principio riporta la spiegazione dell'equilibrio dei grandi edifizi, cui è in parte tolta la terra sotto i loro fondamenti; i casi paradossali, ancor oggi oggetto di piccoli giuochi, di equilibrio di aste poggiate su di un tavolo, e che portano all'altro estremo un peso e pur non cadono, ecc. ecc.

I sistemi di carrucole mobili o fisse occupano una parte notevolissima della statica vinciana. Riprendendo le vecchie considerazioni di Aristotele, quelle ignote o dimenti-

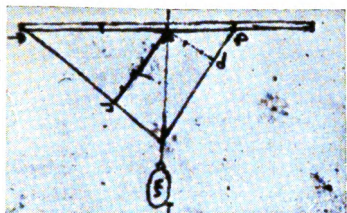



Fig. 13.

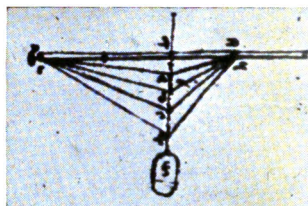



Fig. 14.

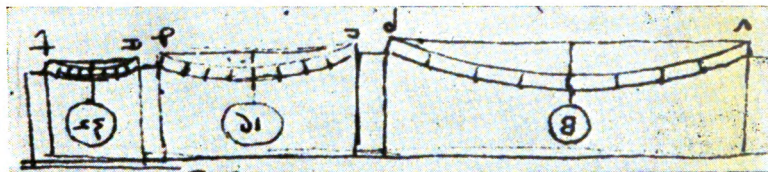



Fig. 15.

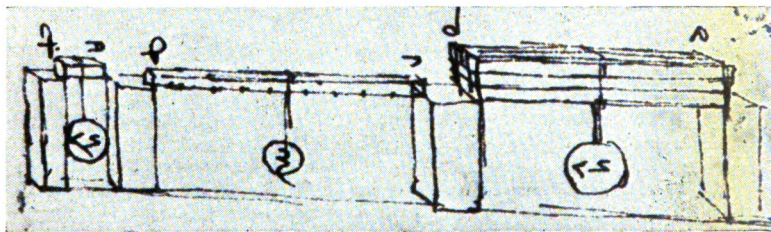



Fig. 16.

cate di Erone, Leonardo in questi sistemi accenna chiaramente al principio dei lavori virtuali e per primo si fa a considerare la pressione che risente il polo di una carrucola, ed ha, almeno qualitativamente, riconosciuto che nel caso della carrucola fissa la pressione è maggiore che nel caso di quella mobile.

Ma un altro grande titolo di gloria è quello di aver considerato per il primo le questioni dell'attrito e della resistenza dei materiali. Qui Leonardo non ha precursori: precede di due o tre secoli le ricerche sperimentali di Amontons e Coulomb; anche Egli si vale per le sue ricerche sperimentali di un banco, del tutto simile a quello che, con maggiori perfezionamenti adoprerà Coulomb (*Arundel*, 41 r). Assegna il coefficiente di attrito eguale ad 1/4 per tutti i corpi; ma poi ne sospetta la sua dipendenza dallo stato fisico dei corpi « soggetti a confregatione » e per primo se ne vale per la risoluzione di classici problemi statici quando appunto si tien conto dell'attrito affinché « la scienza dei pesi non sia ingannata dalla pratica ». E dell'attrito strisciante ed evolvente si occupa a lungo con prevalenti scopi pratici onde diminuire il consumo dei perni delle ruote opportuna-

mente raffreddate, studia la resistenza dei veicoli alla trazione, ideando il carro facile coll'asse appoggiato sulla intersezione di due ruote girevoli.

Alcuni problemi delle *Questioni meccaniche* di Aristotele, ripetute nei libri di Giordano, ma soprattutto la sua pratica di ingegnere, lo conducono ad occuparsi della resistenza delle travi prismatiche e cilindriche appoggiate su di una base o, come suol dirsi, caricate di punta; e di quelle appoggiate pei loro estremi e della loro flessione. Precede di un secolo e mezzo Galileo e adottando lo stesso metodo che poi, con risultati piú approssimati, sarà seguito dal suo grande successore. Leonardo, che pure in qualche punto della teoria dell'urto mostra avere cognizioni abbastanza esatte della elasticità dei corpi, non può valersi di quegli elementi che tre secoli piú tardi furono considerati nella teoria matematica della elasticità; quindi non può seguire che un metodo intuitivo e grossolano, valido soltanto come una prima e modesta approssimazione; ed il metodo è quello del confronto; cioè del paragone delle resistenze di varie travi o colonne dello stesso materiale, di identica sezione retta e diversa altezza; perché cosí in questo rap-

porto vengono eliminati, come ora noi sappiamo e forse Leonardo ha intuito, i fattori che assegna la teoria moderna quando si voglia assegnare il valore della resistenza assoluta.

Tali ricerche, contenute nel ms. *A*, recentemente ripubblicato dalla R. Comm. Vinciana, conducono Leonardo ad enunciare che la resistenza alla pressione è proporzionale alla superficie caricata (e ciò è esattissimo) e (meno esattamente) inversamente proporzionale al rapporto tra l'altezza e il lato della base quadrata o il raggio del cerchio base. Quindi a parità di altezza, se si raddoppia il lato della base quadrata (o il raggio del cerchio) per Leonardo la resistenza diventerà otto volte piú grande, mentre nella teoria moderna è sedici volte maggiore. Leonardo tuttavia non dà i suoi risultati come assolutamente esatti. Dice infatti: « Benché non si possa terminatamente dimostrare per numero quanto sia l'accrescimento [della resistenza] d'un corpo di dopia quantità a un altro, pure si può approssimarsi alquanto alla verità » (ms. *A*, 26 v).

E si occupa ancora del problema (che poi sarà detto di Galileo) della trave incastrata in un estremo e caricata nell'altro libero; delle travi a base quadrata appoggiate ne-

gli estremi; e infine del problema della flessione di travi sorrette sempre agli estremi e caricate di un peso nel mezzo; e giustamente trova che essa è proporzionale al peso; ma qui si arresta e non riesce a vedere la proporzionalità diretta al cubo della lunghezza e inversa alla quarta potenza del lato del quadrato (*Atl.* 332 Rb).

Qui il teorico investigatore è superato dal tecnico e dallo sperimentatore; un esempio tipico si ha nel cimento alla rottura di fili metallici di varie sostanze, coll'ingegnoso dispositivo di arresto automatico, nel momento della rottura, dei pesi o polveri metalliche che debbano determinarla (*Atl.* 32 Rb). Peccato invero che non ci siano pervenuti i risultati numerici delle sue esperienze.

Leonardo ha ancora tentato pel primo una teoria del classico arco, in cui i romani furono maestri al mondo, dopo averlo appreso dagli etruschi; l'arco a sesto acuto delle costruzioni gotiche e normanne, largamente adoperato da secoli e costruito con regole empiriche.

Per Leonardo: « arco non è altro che una fortezza causata da due debolezze... » (ms. *A*, 50 r). Conosce la spinta dell'arco sulle spalle e ne investiga le cause di rottura; ma l'abbozzo non va piú oltre, restando tutta-

via un mirabile tentativo, un piccolo sprazzo di luce in tanta tenebre.

Tutte queste ricerche, cosí imperfettamente e scheletricamente esposte (e per chi voglia approfondire vegga i miei *Studi Vinciani*) di statica dei corpi rigidi e deformabili, colla perfetta e profonda visione delle loro applicazioni, malgrado il disordine in cui sono profuse in tutti i ms., malgrado le lacune che abbiamo segnalate, costituiscono un vero e proprio trattato di statica, nel senso piú moderno. Se nei punti fondamentali mancano le vere e proprie dimostrazioni, ciò non significa che Egli non le abbia fatte; possiamo anche intravedere qual via, colle nozioni dei tempi e le sue proprie, Egli avrebbe potuto seguire; ma di piú non si può dire. E sempre, sopra ogni altra considerazione restano le applicazioni, quasi sempre perfette.

I primi tentativi, le prime investigazioni sulle questioni del movimento dei corpi risalgono ad Aristotele, il quale ha dato al concetto di moto un significato amplissimo. Considerando piú specialmente il piú semplice dei suoi quattro movimenti, ossia il moto locale naturale nella caduta libera di un grave, il moto violento nel lancio di un

masso con una macchina guerresca, pur notando in forma puramente qualitativa, l'accelerazione del moto, è mancata ad Aristotele e ai suoi commentatori e successori quasi completamente la conoscenza della prima legge del moto o, come diciamo noi, della legge d'inerzia, cioè della indistruttibilità dell'impeto impresso dal motore al mobile in assenza di azioni esterne; ossia ancora della incapacità (inerzia) da parte del mobile di spogliarsi di ciò che il motore gli ha conferito.

Ma allorquando il mobile è separato dal suo motore perché e come esso continua a muoversi? Ed a risolvere tale difficoltà Aristotele ricorse ad una ben singolare teoria, cioè al mantenimento del moto mediante il violento scotimento dell'aria la quale cosí favorirebbe anziché contrastare il moto; ed un corpo non può muoversi se non è sottoposto all'azione di un motore distinto dal mobile, a lui esterno, e che deve essergli a contatto per tutta la durata del moto.

Piú grave ancora è ciò che riguarda quella che noi chiamiamo seconda legge del moto. Aristotele ammette che la velocità finita di un corpo separato dal suo motore è direttamente proporzionale alla potenza che lo ha mosso, inversamente proporzionale alla re-

sistenza. Da qui deduceva la impossibilità del vuoto in cui, per mancanza di resistenza ogni corpo avrebbe dovuto muoversi con velocità infinita. Per la caduta libera di un grave in un dato mezzo risultava ancora la proporzionalità tra peso e velocità, cioè piú un corpo pesa piú cade velocemente. Questi principî ammessi senza discussione in base alla immensa autorità di Aristotele, aggravati dagli errori e dalle numerose interpretazioni dei commentatori, hanno sinistramente influito per secoli e secoli sullo sviluppo della dinamica fino quasi a Galileo e da esso non ha potuto e saputo completamente liberarsi nemmeno Leonardo.

Solamente la scuola atomistica (Democrito, Epicuro) affermava che i gravi nel vuoto cadono tutti con la stessa velocità indipendentemente dal loro peso, ed un acuto commentatore di Aristotele, Giovanni d'Alessandria detto Filopono (VI secolo d. C.) riteneva che la gravità è una qualità intrinseca dei corpi, esistente a sé e causa della caduta verso il basso. La resistenza dell'aria ritarda tale caduta e a mano a mano che col rarefarsi del mezzo la resistenza diventa sempre piú piccola, la velocità lungi dal diventare infinita, come ri-

chiederebbe la legge aristotelica, tende ad un valore finito (velocità nel vuoto).

Nel moto violento una certa potenza incorporea è ceduta dal motore al mobile col suo impeto; l'aria né sostiene né conserva il moto, ma tende anzi ad impedirlo. È il primo accenno alla teoria dell'impeto e alla legge d'inerzia che sarà poi oggetto della dinamica medioevale ligia sempre però alla legge aristotelica del moto.

La teoria dell'impeto è ripresa e sviluppata soprattutto per opera di Giovanni Buridan dell'università di Parigi nella prima metà del secolo XIV. Il motore imprime al mobile una certa potenza, un certo impeto capace di farlo muovere in una direzione e con una determinata velocità; impeto proporzionale alla velocità del motore ed alla quantità di materia del mobile e che corrisponde al moderno concetto di impulso.

Un grave che cade acquista un certo impeto che si somma alla gravità ed è per questo che il moto si accelera. Cosí i corpi celesti furono inizialmente mossi da un impeto che conservarono non incontrando alcuna resistenza, per cui il loro moto seguita continuamente ed uniformemente.

La teoria di Buridan trovò in Alberto di Sassonia (seconda metà del secolo XIV) un

dotto e fervente propugnatore e per suo mezzo essa venne a conoscenza degli Umanisti italiani del secolo successivo e quindi a Leonardo.

In Alberto le questioni dinamiche si fondono con quelle che noi diciamo cinematiche. Egli distingue il moto regolare (uniforme) dal moto irregolare (vario); e piú specialmente considera quel moto (*uniformiter difformis*) in cui la velocità cresce proporzionalmente al tempo. L'esempio piú cospicuo di moto irregolare è quello della caduta di un grave quando non si tenga conto della resistenza del mezzo. E qui si presenta questa questione: la velocità cresce proporzionalmente allo spazio o proporzionalmente al tempo? Ossia, colla nomenclatura medioevale, la *intensio formae* è proporzionale alla *extensio secundum distantiam* o *secundum tempus*? Alberto e i suoi successori, eccetto Leonardo, si attennero alla proporzionalità dello spazio.

La terna dei grandi dottori parigini si completa con l'opera di Nicola Oresme pure del secolo XIV, notissima ai nostri umanisti e a Biagio Pelacane; ma non è certo che abbia avuto grande influenza su Leonardo e quindi basterà questo solo cenno.

Inspirandosi appunto agli Umanisti ita-

liani, e i nomi di alcuni di questi ricorrono spesso nei suoi manoscritti accanto a quello di Alberto di Sassonia (Albertucco), Leonardo continuamente si sforza di chiarire i concetti cosí comuni ai suoi tempi, di gravità, di forza, di percussione.

Elevandosi all'altezza di Aristotele, Egli ha un concetto profondo e generalissimo di forza, di cui parla in uno squarcio che è da annoverare tra i piú belli e potenti della prosa italiana e che riporteremo nell'ultimo capitolo; e possiamo affermare che nessuno tra i suoi antichi e immediati predecessori, sa elevarsi a tale generalità con forma cosí perspicua e cosí poetica.

Richiamiamo brevemente tra le molte alcune delle sue concezioni piú caratteristiche.

« Moto non è senza percussione » (*Atl.* 173 Vb).

« Nessuna cosa insensibile si muoverà da sé » (*Arundel* 22 v).

« La forza è causa del moto, il moto è causa della forza » (*Arundel* 34 v).

« La gravità, la forza e la percussione son di tal natura che ciascuna di per sé sola può nascere di ciascuna dell'altra e ancora partorirle. E tutte insieme e ciascuna per sé può creare il moto e nasce di quello » (*Arundel* 37 v).

« Il peso desidera una sola linea e la forza infinite. Il peso ha la sua vita di eguale potenzia e la forza sempre indebolisce. Il peso trapassa per natura in tutti i sua sostentaculi ed è tutto per tutta la lunghezza d'essi sostentaculi e tutto per ogni parte di quegli » (*Arundel* 37 v).

Come si potrebbe meglio dire della linea d'azione di una forza, del trasporto del suo punto d'applicazione lungo la stessa!

Leonardo conosce bene la teoria dell'impeto; afferma infatti che:

« L'impeto è una virtù creata dal moto e trasmutata dal motore al suo mobile il quale ha tanto di moto quanto l'impeto di vita » (*E*, 22 r).

« Sempre la portata del motore debba essere proporzionata al peso del mobile » (*E*, 28 v).

« Impeto è una potenza del motore applicata nel suo mobile il quale è causa di muovere il mobile poi ch'egli è separato dal suo motore » (*Atl.* 161 V a).

Combatte la strana teoria del moto intrattenuto dall'aria.

La legge d'inerzia è quasi esattamente affermata da Leonardo: « Ogni moto attende al suo mantenimento, ovvero ogni corpo mosso sempre si move in mentre che la po-

tenzia del suo motore in lui si riserva » (*Codice sul volo degli uccelli*, 13r).

Cioè fino a quando tale potenza non sarà distrutta dalle resistenze, impossibile essendo eliminarle tutte.

Non dimentichiamo che Leonardo è un ingegnere alieno da infruttuose astrazioni.

« Ogni moto seguiterà tanto la via del suo corso per retta linea, quanto durerà in esso la natura della violenza del suo motore » (*Atl.* 103 Va).

Non è certo l'enunciato della legge d'inerzia come s'intende ora; ma in fondo è evidente che Leonardo ha della legge un concetto chiaro se non è il piú generale possibile e l'importante è che Egli sa farne giuste e rette applicazioni al moto dell'ala di un uccello, al moto di un grave il quale potesse scorrere lungo un diametro della terra (un canale d'aria) e che giunto al centro dove ha perduto ogni peso, trapasserebbe insino vicino all'altra parte dell'elemento.

Ma per la seconda legge del moto Leonardo al pari dei suoi predecessori e contemporanei segue la legge aristotelica, pur avendo saputo veder esattamente in varie questioni riguardanti la caduta dei gravi. Ha invece una chiara e corretta idea del principio dell'azione eguale e contraria alla reazione che

per noi costituisce la terza legge fondamentale del moto secondo lo schema newtoniano.

« In quanto al moto dell'acqua tanto fia a movere il remo contro all'acqua immobile quanto a movere l'acqua contro il remo immobile » (*Atl.* 175 Rc).

« Tanta forza si fa con la cosa incontro all'aria, quanto l'aria contro alla cosa. Vedi l'alie percosse contro all'aria far sostenere la pesante aquila sulla suprema sottile aria vicino all'elemento del fuoco. Ancora vedi la mossa aria sopra 'l mare ripercossa nelle gonfiate vele far correre la carica e pesante nave; sí che per queste dimostrative e assegnate ragioni potrai conoscere l'uomo colle sue congegnate e grandi ali, facendo forza alla resistente aria e, vincendo, poterla soggiocare e levarsi sopra di lei » (*Atl.* 381 Va).

In altri numerosi appunti non menzionandosi piú né la resistenza né la potenza, Egli viene chiaramente ad affermare la relatività del moto, sebbene in senso diverso e meno perspicuo di G. Bruno e di Galileo. « Tanto fa il moto dell'aria contro alla cosa ferma, quanto fa il moto del mobile contro all'aria immobile » (*Atl.* 315 Rb). E cosí pel caso di acqua contro acqua, dell'uccello contro l'aria, ecc.

In ogni modo anche qui Leonardo, pur rimanendo fedele alla dinamica aristotelica, in un punto fondamentale, fa un passo avanti sulla dinamica greca.

Contrariamente alle involute argomentazioni di Alberto di Sassonia, considerando la libera caduta di un grave (l'assenza dell'aria è tacitamente supposta) afferma che la velocità cresce proporzionalmente al tempo: « La gravità che disciende in ogni grado di tempo acquista un grado di moto piú che 'l tempo passato e similmente un grado di velocità piú che 'l grado del moto passato » (*M*, 44 v). « La gravità che libera disciende, in ogni grado di tempo acquista un grado di moto, e in ogni grado di moto acquista un grado di velocità » (*M*, 45). Riferendosi ad una rappresentazione di Oresme Egli traccia anche il diagramma delle velocità. E della legge tenta anche una verifica sperimentale con pallottole lanciate da una cerbottana e che penetrano piú o meno in terra molle; ma non è persuasiva, né di facile applicazione (*Atl.* 151 Va). Ha subito considerato un caso di moto vincolato, cioè la caduta di un grave lungo un piano inclinato, giustamente assegnando i tempi di caduta per la obliqua e per la verticale. E scrive ancora: « Se per due diverse obli-

quità due pesi disciienderanno e sieno delle obliquità e de' pesi una medesima proporzione, allora fia trovata ne' pesi una medesima velocità nel disciendere» (*Atl.* 151 Va, *Arundel* 76v). Malgrado le inutili, anzi errate condizioni, la conclusione è esatta e costituisce quel postulato su cui in un primo momento Galileo fondò la sua stupenda e completa teoria del moto di un grave su di un piano inclinato.

La velocità dipende o no dal peso? Cosa pensava Leonardo? Qui si ha incertezza, perché qualche volta Egli ritiene che sia indipendente; ma il piú spesso ammette la conclusione richiesta dalla dinamica aristotelica.

Ma non è felice invece quando dal piano inclinato Egli vuol passare al moto di un grave su archi di cerchio, forse assimilati ad una serie continua di piani inclinati. Eppure anche qui ha una felice divinazione, affermando che: «il peso discenderà piú presto per arco che per corda» (*Fogli mancanti al Codice sul volo degli uccelli*, 1 v).

E ne ha tentato confusamente la giustificazione, oscura o errata. Anche Galileo noterà la stessa proprietà, deducendone poi un risultato non corretto per la curva del minimo tempo.

Ma un'altra geniale intuizione è quella della caduta di un grave, tenuto conto della rotazione diurna della Terra intorno al proprio asse, e su cui pel primo richiamò l'attenzione G. B. Venturi nel suo *Essai.* Sulla impostazione del problema non può cader dubbio.

« Del grave discendente infra l'aria essendo li elementi del moto circonvolubile con intera revoluzione in 24 ore » (*G*, 55 v). Si ritiene in prima approssimazione uniforme e rettilineo il moto del grave e, intervenendo il moto di rotazione terrestre, si deve comporre tale moto col primo, tentando la determinazione della traiettoria relativa ad un osservatore terrestre, con cenni puramente qualitativi.

« E tal moto [aggiunge subito al luogo già citato] in sé curvo con tutte le parti della linia e per conseguenza è al fine curvo con tutta la linia; e di qui nascie che il sasso gittato dalla torre non percote nel lato d'essa torre prima che in terra. »

Accenna dunque qui Leonardo alla deviazione dei gravi, liberamente cadenti, verso Est; la cui prima osservazione fu fatta, per quanto mi consta, a Pisa nel 1641 dal P. Vincenzo Reineri, teoricamente accertata da A. Borelli nel 1642.

È stata osservata effettivamente da Leonardo, che può ben aver fatto la stessa osservazione del Reineri; oppure l'ultima frase è una convinzione teorica che forse poi si proponeva di verificare? Non saprei dirlo con certezza.

Leonardo, come vedremo in un prossimo capitolo, si è lungamente occupato del tiro delle armi da fuoco. È mai possibile che col suo acuto senso meccanico e di sperimentatore non si sia mai chiesto e non abbia cercato di conoscere la via seguita nell'aria dal proiettile? I disegni che ci ha lasciati nell'*Arundel* e in *A* danno una nuova prova del suo squisito senso di osservatore, ma non ci autorizzano a trarre alcuna conclusione. Il problema dinamico di troppo eccedeva le forze dei meccanici del secolo XV; bisognava rovesciare la dinamica aristotelica; e questo sarà, nel secolo successivo, il compito di Galileo.

Ricordiamo infine che l'argomento dell'urto dei corpi elastici o no ha spessissimo richiamato l'attenzione di Leonardo ed in vari punti Egli ha preceduto Borelli.

L'antica e nota proprietà della riflessione obliqua contro un ostacolo fisso, di cui tenta invano una spiegazione meccanica, lo conduce a scoprire una delle leggi che regolano

l'urto centrale di due sfere elastiche (*Arundel* 83 v; *Atl.* 241 v); e descrive meravigliosamente anche l'urto trasverso (obliquo), il moto di rotazione assunto dal percussore e accenna ai libri che scriverà su tale argomento. E osserva: «D'ogni corpo sperico che percote con parte tenuta dalla linia centrale del suo moto, si genera moto circonvolubile », e aggiunge « come il foco della bombarda che fa la ballotta circonvolubile ».

In alcuni disegni e congegni idraulici della seconda parte del primo *Codicetto Forster* e nel Cap. 9° del *Moto e misura dell'acqua,* Leonardo ripetutamente accenna a « un moto perpetuo d'acqua ». Ha dunque in un periodo giovanile, come pensa il Govi, creduto alla realizzazione di un perpetuo mobile?

Non vi è nemmeno bisogno di dire che se pur ha potuto per un momento pensare a tale assurdo, presto si è ravveduto. Ha chiaramente detto in seguito: « E nessun instrumento che per umano ingiegno fabbricar si possa che col suo polo si volti potrà a tale effecto riparare. » (Di far indefinitivamente muovere un peso).

« O speculatori dello continuo moto, quanti vani disegni in simili cierca avete creati!

accompagnatevi colli cercator dell'oro » (*Codice Forster* II, 92v).

E in *A* ha esplicite confutazioni « contra del moto perpetuo » e cosí in *Atl.* 337 V c, vi è una chiara illustrazione sullo stesso argomento.

Ciò che abbiamo esposto può appena dare una ben pallida idea della meccanica di Leonardo.

La scienza che si è sviluppata durante quattro secoli ha ampliato, convalidato e corretto le sue ricerche; ma esse restano sempre un monumento imperituro di gloria del genio del sommo artista-scienziato.

Il fondatore dell'idrostatica è Archimede. A lui è dovuto il famoso principio della spinta subita da un corpo immerso in un liquido, e la non facile ricerca delle condizioni di equilibrio di un tronco di paraboloide immerso in un liquido. Il suo trattato: *De iis quae in humido vehuntur*, che ci è pervenuto, è un capolavoro, e forse Leonardo lo ha conosciuto; certo ha conosciuto Erone e la sua *Pneumatica*. Nell'*Alt.* 153 V c, 175 V b e 211 V a, tratta appunto della spinta dell'acqua sui corpi sommersi e della sua misura, come applicazione del principio di Archimede. Ma le opere di questi autori,

quasi dimenticate, non furono conosciute e apprezzate che assai piú tardi ed è Leonardo che, scuotendo il lungo oblio, si afferma in questo ramo della meccanica con scoperte fondamentali e ricerche originali, disordinatamente esposte in molti dei suoi ms. Frate Luigi Maria Arconati ne fece uno spoglio non del tutto esatto e completo, recentemente pubblicato sul *Codice archetipo Barberiniano.* Ma malgrado poderosi lavori, a cui accenneremo, una esposizione critica e ordinata di tutto l'immenso materiale lasciato da Leonardo è ancora da fare. Lungamente vi ha pensato lo stesso Leonardo; ci ha lasciato il proemio, l'indice di una parte dei capitoli nell'*Atl.*; ma il trattato non è stato scritto. Anche qui, non avendo la pretesa di colmare tale lacuna in queste brevi pagine, noi dobbiamo appena accennare alle cose principali, sfiorando il poderoso ed attraente argomento.

Già il Govi nel suo *Saggio* del 1872 aveva osservato che Leonardo presentí il principio della eguaglianza delle pressioni su eguali elementi di superficie, un secolo e mezzo prima di Pascal. Il Duhem successivamente in modo piú esplicito ha detto che Leonardo ha chiaramente formulato il principio essenziale di idraulica e da esso ha

ricavato l'importante corollario dell'eguaglianza delle pressioni che noi diciamo il principio fondamentale dell'idrostatica. I maggiori e piú ampi appunti si trovano nel ms. *A*. Ma noi non faremo che una sola citazione tratta dall'*Atl.* 351 Rb. Dopo aver in parte riprodotto ciò che trovasi nel ms. *A*, sulla forza da applicare ad un foro praticato in un vaso, Leonardo aggiunge:

« La ragion di questo si è che si vede chiaro nel gonfiare delle balle e nel disgonfiare de' mantaci la forza del vento spingere equalmente per tutte le resistenzie d'esso sospinto o serrato vento, e tutta la forza, che fa il vento dentro ai corami de' mantaci, in qualunque parte sospigne, equalmente caccia in fori essa pelle che li fa resistenzia. E se esso mantaco avessi in diversi lochi della sua superficie diverse bocche simile a quella dinanzi, similmente come quella dinanzi soffierebbero e equalmente distribuerebbono il vento che dentro rinchiuso fussi, se infra loro d'equal grandezza si trovassino. Adunque equalmente fa forza il vento nelle parieti che lo rinchiudano, poiché per equali spiraculi equalmente si stribuisce. »

A Leonardo sono ben note le leggi dei vasi comunicanti. « Le superfizie di tutti i

liquidi immobili, li quali infra loro siano congiunti, sempre fieno d'equale altezza » (*Atl.* 219 V a); e notò ancora come tale legge fosse indipendente dalla grandezza dei vasi e dalla forma di essi (paradosso idrostatico), la cui scoperta viene attribuita a Stevin. E nello stesso foglio dell'*Atl.* nota che: « l'acqua del vaso circonvolubile in sé medesimo è piú alta da' lati che nel mezzo », non sospettando però la bella figura di equilibrio assunta dal liquido in rotazione uniforme col vaso. La legge dell'equilibrio di piú liquidi di diversa densità in uno stesso vaso:

« Vedrai che essendo l'un sopra dell'altro, tal proporzione fieno le loro grossezze quale quella dei loro pesi, ma è proporzione conversa... »

Non gli sfugge la pressione dei liquidi sulle pareti laterali del vaso che li contengono; e avvisa al modo pratico di valutarla; né gli sfugge la poca compressibilità dell'acqua e quella grandissima dell'aria; e, cosa veramente memoranda, Egli intuisce l'attrazione molecolare dei liquidi, distinta dalla loro gravità: « La loro gravità è dupla, cioè che il suo tutto ha gravità attesa al centro degli elementi; la seconda gravità attende al centro d'essa sfericità d'acqua »,

e poi aggiunge: « ma di questa non veggo nell'umano ingegno modo di darne scienza, ma (conviem) dire come si dice della calamita che tira il ferro, cioè che tal virtú è occulta proprietà, delle quali ne è infinite in natura »; e ne fa applicazione alla forma delle goccie e alla loro mutua attrazione. Egli fa ancora uno studio completo dei sifoni che chiama "Cicognola". Inoltre scopre i primi fenomeni capillari di cui diremo piú oltre.

Passando a dire del moto dei liquidi, cioè a quella parte che noi chiamiamo idrodinamica, si può dir subito che Leonardo scopre il principio fondamentale dell'idraulica.

« Ogni movimento d'acqua d'equale largheza e superfizie correrà tanto piú forte 'n uno loco che nell'altro, quanto fia men profondo nell'uno loco che nell'altro » *A* 57 v). Leonardo con una espressiva figura ne fa una netta illustrazione piú che una vera e propria dimostrazione. Principio classico, ritrovato nel 1500 dal veneto Alvise Cornaro e poi da Benedetto Castelli, grande allievo di Galileo, nel 1625.

Sono meravigliose le osservazioni di Leonardo sul moto ondoso, di cui afferma la caratteristica fondamentale di moto oscillatorio: « un certo riscotimento che si può

piuttosto dimandar tremolio che movimento ». E tutto quanto ha osservato e scritto ha costituito oggetto di belli studi del Cialdi (1873).

« L'onda fuggie il loco della sua creazione e l'acqua non si move di sito, a similitudine dell'onde fatte il maggio nelle biade dal corso de' venti, che si vede correre l'onde per le campagne e le biade che non si mutano di loro sito. »

Osserva la simultaneità di piú sistemi di onde: « l'onda mai è sola, ma è mista di tant'altre onde, quante son le inegualità che ha l'obbietto, dove tal onda si genera » (*Atl.* 84 V a); ed ancora che l'onda è piú tarda in cima che ne' lati; nota la precedenza dell'onda sul vento.

E non v'è fenomeno, piú tardi teoricamente accertato dai piú grandi matematici, che sfugga all'occhio e alla portentosa facoltà di osservazione di Leonardo.

L'efflusso dei liquidi dai fori è considerato pure; ma non riesce a scoprire la vera legge che sarà poi una gloria di Torricelli; studia ancora i moti vorticosi per accertare i quali fa l'esperienza della polvere di miglio e le vene liquide; è il primo che investiga le leggi della ascesa dell'acqua nella

chiocciola o "cochlea" d'Archimede, per cui rimando ai miei *Studi Vinciani.*

Che dire di piú? Si rimane stupiti, meravigliati, abbagliati da tanta ricchezza di scoperte, di osservazioni, di cosí profonda e sana vivacità di pensiero!

Il lettore non si attenda qui che noi possiamo presentare ora Leonardo fisico ed astronomo nel senso moderno della parola. Lo stato della fisica e dell'astronomia ai suoi tempi era di gran lunga inferiore a quello della meccanica. Ma nelle sue meditazioni sulla filosofia naturale, o per propria iniziativa, o per sovrano intuito, o per lo studio delle rare ed il piú delle volte scorrette idee dei suoi predecessori, Egli ha dato prova del suo equilibrato giudizio, del suo acuto e squisito spirito di osservazione; ed ha avuto meravigliose divinazioni.

La scienza araba, la piú diretta erede della greca, ha dato contributi notevoli alla fisica, all'astronomia medioevale, che certamente non erano rimasti ignoti in occidente, e quindi forse anche a Leonardo; ma non è da ciò permesso concludere, cosí almeno riteniamo, che Egli abbia potuto conoscere opere che solo di recente vennero esumate e tradotte. I moderni hanno dimenticato le

serene, se pur non complete — esposizioni di G. B. Venturi, di Libri e di Govi.

Leonardo ha cercato a Pavia, a Firenze l'*Ottica* di Vitellione, attraverso la quale può anche aver avuto notizia di quella di Alhazen; ma è fortemente da dubitare che Egli abbia avuto la pazienza e le indispensabili cognizioni per studiare e comprendere tali opere a giudicare dai suoi infruttuosi tentativi per la risoluzione del problema della riflessione su di uno specchio sferico (problema di Alhazen) barbaricamente risoluto dal dotto arabo.

Leonardo ha preso molto dagli altri; ma quello che ha dato supera grandemente ciò che ha ricevuto; non si libera completamente da errori e concetti secolari; ma in tanti e tanti punti ha superato i suoi tempi spingendosi sino ai nostri.

Ed ora passiamo ad esporre, colla solita brevità, le sue idee, i suoi contributi nelle varie parti della fisica. E cominciamo con L'OTTICA E LA VISIONE.

Lo studio della prospettiva, cosí fondamentale per la pittura, doveva condurre Leonardo a quello dell'ottica; anzi i due argomenti per gli antichi si identificavano. E la scienza antica si onorava dei nomi di Euclide e di Tolomeo cui erano ben note

le leggi della riflessione ed il fenomeno della rifrazione, e poi, successivamente, occupano un posto eminente nello sviluppo della scienza: gli Arabi, indi G. Peckam, Ruggero Bacone, Regiomontano. E di molti autori Leonardo ha certamente avuto qualche conoscenza, specialmente, come s'è detto, dell'*Ottica* di Vitellione.

Le teorie piú universalmente note da Aristotele in poi, in riguardo alla propagazione rettilinea della luce, al suo propagarsi per onde sferiche come il suono per l'aria, e per la spiegazione del fenomeno della visione, si riducevano a questo schema: i raggi visivi partono dalla pupilla e attraverso lo spazio toccano e circondano i corpi per darne poi contezza all'occhio.

Leonardo, certamente influenzato dai suoi predecessori, sostiene una teoria del tutto inversa: i colori dei corpi riempiono l'aria d'infinite spezie che colpiscono ogni punto dello spazio,. esse attraversano la pupilla e convergono in un punto vicino alla macchia lutea della retina. Intravede l'ufficio della lente cristallina e prima di Galileo osserva la dilatazione e il restringimento della pupilla a seconda della quantità di luce che deve ricevere, come avviene negli animali notturni. La pupilla è quasi una finestra le

cui imposte si chiudono o si aprono per dar minore o maggior luce ad una camera. Avvisa alla importanza dell'asse ottico; spiega il fenomeno della visione stereoscopica; piú di tre secoli dopo Wheatstone, l'inventore dello stereoscopio, riferiva che il passo dell'*Atl.*, cui abbiamo accennato, fosse la sola giusta osservazione da lui riscontrata dopo aver consultato le opere di moltissimi autori.

Nota la persistenza delle immagini; studia la visione binoculare; le illusioni ottiche: un corpo illuminato appare piú grande e piú lucente del reale; e nello studio della irradiazione osserva come i corpi luminosi appaiano piú grandi in fondo scuro e i corpi oscuri piú piccoli in campo chiaro, come si vede nella nota illusione dei due cerchi eguali uno nero in campo bianco e uno bianco in campo nero, il primo appare piú piccolo del secondo.

Innumerevoli gli studi sulle ombre, le loro varie specie e i loro contrasti in relazione colla luce. Due secoli prima di Bouguer, Egli scopre il principio fondamentale della fotometria!

Leonardo a lungo si occupa della CAMERA OSCURA. Nel ms. *D*, che è un vero e com-

pleto trattato di ottica fisica e fisiologica, col suo stile limpido Egli scrive:

« La sperienza, che mostra li obbietti mandino le loro spezie over similitudini intersegate all'occhio nell'umore albugino, si dimostra quando per alcuno piccolo spiraculo penetreranno le spezie delli obbietti in abitazione forte oscura. Allora tu riceverai tali spezie in una carta bianca posta dentro a tale abitazione alquanto vicina a esso spiraculo, e vedrai tutti li predetti obbietti in essa carta colle loro proprie figure e colori, ma saran minori e fiano sottosopra... E cosí fa dentro alla pupilla. »

Ed alla camera oscura con fori di varia ampiezza e con fori multipli, alle sue applicazioni alla pittura ed al disegno ha dedicato numerosi appunti. E in un punto dell'*Atl.* 345 Vb, Egli esprime tutto il suo entusiasmo pel mirabile fenomeno.

« O magica visione, quale ingegno potrà penetrare tale natura? Qual lingua fia quella che displicare possa tal meraviglia? Questo drizza l'umano discorso alla contemplazione divina. » L'assimilazione della camera oscura all'occhio è però esplicita, irrefutabile e precede di un secolo quella del bolognese G. C. Aranzio.

È Leonardo l'inventore della camera oscu-

ra? La cosa non è del tutto certa. Una rudimentale descrizione, con abbozzo di teoria, si trova già negli scritti di un grande astronomo arabo del IX secolo, Alkindi (nominato da Leonardo) e dal titolo *De Aspectibus* di cui si possiede soltanto la traduzione latina di Gerardo da Cremona; poi in altri posteriori autori arabi, tra cui Alhazan, e infine in un passo del *Secretorum revelator* di Levi Ben Gerson (sec. XIV); ma non tutti sono cosí limpidi ed espliciti come Leonardo, che può aver fatto da sé la scoperta, senza conoscere i predecessori.

La camera oscura fu poi descritta da Cesare Cesariano (1521), da Girolamo Cardano in quel suo singolarissimo libro *De subtilitate* e in cui è per la prima volta applicata al foro una lente; e infine da G. B. Porta (1558) nell'ancor piú singolare *Magia naturale*. E molte volte a questi autori viene erroneamente attribuita tale scoperta.

In quella parte che chiamasi CATOTTRICA, in cui si studiano i fenomeni di riflessione, Leonardo porta ancora il suo contributo, ed è oggetto di numerosi appunti la riflessione su superficie piane e sferiche; per queste appunto Egli cerca infruttuosamente la via che un raggio luminoso deve seguire per giungere all'occhio dopo che ha subíto una

riflessione su di uno specchio sferico (problema di Alhazen). Disperando risolverlo per via geometrica (lo era già stato dal dotto arabo) immagina un istrumento di cui diremo al prossimo capitolo. Egli studia e fa costruire in Roma da quel Giovan tedesco specchi concavi parabolici (ustori).

In varie pagine dell'*Arundel*, p. es. 87 v, nitidamente disegna alcune caustiche per riflessione. La sua attenzione è attratta dal fenomeno dell'arcobaleno semplice e doppio; ma non giunge ad una accettabile spiegazione.

Nella DIOTTRICA, dove si studiano i fenomeni di rifrazione, Leonardo studia le lenti; dié norme per correggere la miopia e la presbiopia e tentò la spiegazione degli effetti degli occhiali. Gli occhiali erano ben noti e da piú di un secolo ai suoi tempi; essi furono inventati in Italia e quasi certamente da ignoto operaio nelle famose vetrerie di Murano verso la fine del secolo XIII. Leonardo fa una bella osservazione: una palla di vetro piena d'acqua rifletteva capovolti gli oggetti che le erano posti davanti; e inoltre tali immagini potevano essere raddrizzate con una seconda identica palla posta dietro la prima; e pare si pro-

ponesse di costruire « occhiali da veder la luna grande », ma non dice come.

In uno dei fogli inediti dell'*Atl.*, fatti conoscere da G. Calvi nel 1926, e da lui illustrati colla solita perizia e profondità, si trova una figuretta di studioso, seduto ad un tavolo assai basso, intento a guardare una sfera armillare attraverso due telai, uno dei quali, dice il Calvi, parrebbe mobile nelle mani dell'osservatore. E Leonardo sopra al disegno scrive: « pon l'occhio a un cannone »; ha dunque Egli pensato a un telescopio o canocchiale? È assai probabile.

Le recenti dotte ricerche dell'Argentieri meritano la piú alta considerazione. Un dotto olandese, Cornelio de Ward, ha provato che l'occhialaio Janssen Sacharias di Middelsburg nel 1604 costruí un canocchiale « dietro uno di un italiano »; e che appunto in Italia nella tarda seconda metà del secolo XVI, appena cinquanta o sessanta anni dopo la morte di Leonardo, si usava combinare lenti entro tubi (cannone). E quel bizzarro ingegno di G. B. Porta, udendo della invenzione galileiana, nell'agosto 1609 scriveva al fondatore della prima Accademia dei Lincei, Federico Cesi: « Pel secreto dell'occhiale l'ho visto ch'è una coglionaria ». Accampava, e non a torto, diritti di priorità;

ma lealmente riconosceva che « Galileo lo aveva ben accomidato » e fatte con esso sublimi scoperte nel cielo, le piú grandi del secolo!

Ancora il nome di Leonardo è legato alla scoperta dei primi FENOMENI CAPILLARI; e vi richiamarono l'attenzione degli studiosi, il Libri, e poi il Govi. Le asserzioni di Leonardo sono contenute nell'*Atl.* 11 Rb, 35 Ra, 67 R, 74 V, e poi in *G* 44 v, 68 r. Egli ha notato l'elevazione dell'acqua in pareti che essa bagna e la sua depressione nel caso contrario, arrivando quindi ai primi fenomeni di attrazione molecolare a tensione superficiale; ha notato gli stessi fenomeni per l'„argiento mercuriale"; nella "cichognola". E ne ha veduto subito la importanza per la spiegazione del fluire dell'olio nel lucignolo e dell'ascesa della linfa nelle piante.

Le conoscenze dell'epoca su quelle parti della fisica che riguardano IL CALORE, L'ACUSTICA, IL MAGNETISMO (compreso nella elettricità) erano piú che rudimentali, confuse e spessissimo erronee. Né si può aver la pretesa di trovare in Leonardo un fisico da laboratorio. Tuttavia non mancano ancor qui delle sane ed esatte osservazioni, puramente qualitative.

L'effetto calorifico della percossa su grossi

fili di ferro; la dilatazione dell'acqua e in generale dei corpi pel calore, con conseguente perdita di peso, gli sono ben note. La invenzione dell'„architronito" (*B*, 33) che Egli stesso attribuisce ad Archimede, in cui viene sfruttata la forza elastica del vapor d'acqua, non è di Leonardo. Essa era ben nota ai Bizantini e ne parla fino il Petrarca! Ma della forza dell'aria riscaldata e dotata di moto ascendente sa fare ingegnosa applicazione al girarrosto a ventola (propulsione ad elica) e nell'aspiratore dell'acqua.

Sospetta ancora il calore raggiante, notando che una palla di vetro piena d'acqua fredda soggetta ad una sorgente calda, emette raggi piú caldi di questa.

L'affinità tra onde luminose ed acustiche gli permette di fare non poche osservazioni sulla velocità e propagazione del suono, studiando i moti dell'onda sonora nell'aria e nell'acqua ed osservando che un corpo percosso oscilla e comunica il suo moto all'aria circostante o ad altri mezzi liquidi o solidi. Esamina il fenomeno dell'eco, quello della risonanza delle campane, delle corde; osserva che percotendo una tavola con un martello si vengono a formare dei piccoli cumuli di polvere (una anticipazione delle mirabili figure di Chladni).

Eccellente suonatore di cetra, costruisce vari strumenti musicali ed il monocordo.

Osserva l'azione della calamita attraverso i muri; la parità di forza di attrazione tra ferro e calamita e tra calamita e ferro; e come il magnete piú grande ha maggiore influenza di uno piccolo. Ma la scienza magnetica, non distinta dalla elettrica, era ben povera cosa, appena nascente nella epistola di Pietro Pellegrino di Maricourt del 1269 e chissà se Leonardo l'avrà conosciuta.

Ma Leonardo conosce la vecchia sospensione a doppio anello, impropriamente detta cardanica, ed ha il merito di averne per primo fatta l'applicazione alla bussola in un disegno dell'*Atl.* 316 R b.

Le prime bussole che si conoscano con tali sospensioni, ora cosí comuni, si trovano al museo di Dresda e risalgono al 1571.

Leonardo disegna pure (*A*, 23 v) una bussola in posizione verticale; ma sarebbe azzardato credere che abbia osservato il fenomeno della declinazione. La sospensione cardanica appare ancora in *Atl.* 288 Rb; e un bel disegno delle carte di Windsor presenta un'allegoria che accoppia gli emblemi del timoniere: la ruota del timone e la bussola nel cui specchio è disegnata la stella

dei venti ad otto punte, avente in alto la polare cui si dirige l'ago.

Né può dirsi che Egli si sia in qualche modo occupato di chimica; si occupò di colori, distillò erbe per profumi; costruí alambicchi e soprattutto diligentemente studiò la fiamma, le sue parti piú o meno calde. Spregiò gli alchimisti, ironicamente chiamandoli i cercatori d'oro.

Si occupò Leonardo di ASTRONOMIA?

Un illustre astronomo italiano, Elia Millosevich, ha scritto che nei mss. vinciani appaiono sani concetti astronomici, e, quasi d'intuito e di divinazione, grandi scoperte. Circa 25 anni dopo la morte di Leonardo appariva l'opera grandiosa di Niccolò Copernico: *De revolutionibus orbium coelestium*, ma è ben certa l'influenza che in Leonardo debbono aver esercitato le opere di Nicola da Cusa, uno dei grandi precursori del sistema eliocentrico. Quali dunque i pensieri di Leonardo?

« Se guarderai le stelle senza razzi come si fa a vederle per un piccolo foro fatto colla stessa punta della sottile agucchia a quel posto quasi a toccar l'occhio, tu vedrai esse stelle esser tanto minime, che nulla cosa pare esser minore; e veramente la lunga distanza dà loro ragionevole diminu-

zione, osserva che molte vi sono che son moltissime volte maggiori che la stella, cioè la Terra coll'acqua. »

« Or pensa quel che parrebbe essa nostra stella in tanta distanza. Mai non posso fare ch'io non biasimi molti di quelli antichi, li quali dissero che il Sole non aveva altra grandezza che quella che mostra; tra questi fu Epicuro... »

Occupandosi del calore solare, scrive:

« Dicono che il Sole non è caldo, perché non è di colore di foco; ma è molto piú bianco e chiaro. E a questi si po' rispondere che, quando il bronzo liquefatto è piú caldo, esso è piú simile al color del Sole e quand'è men caldo, ha piú colore del foco. »

E dopo aver citate le esperienze, di cui dicemmo, quella dello specchio concavo che riflette piú caldi i raggi del foco e quella della palla di vetro piena d'acqua fredda, conclude che il simile accade pel Sole « che essendo lui caldo, passando per tali specchi freddi, refrette gran calore. Non lo splendore del Sole scalda, ma il suo natural calore ».

Ha un vero inno al Sole, da cui tutto proviene: « il moto delli elementi nasce dal Sole; il lume e il caldo dell'universo è generato dal Sole »; il freddo e le ombre dalla

privazione del Sole; i pianeti pure hanno lume dal Sole.

« Dicono [gli autori] di avere il lume da sé, allegando che se Venere o Mercurio non n'avessi il lume da sé, quando esso s'interpone in fra l'occhio nostro e il Sole, esse oscurerebbero tanto d'esso Sole, quanto esse ne coprano all'occhio nostro. E questo è falso. »

La scintillazione delle stelle è un fatto fisiologico subbiettivo.

« Mostra come il battere d'alcuna stella viene dall'occhio, e perché il batter d'esse stelle è piú nell'una che nell'altra; e come li razzi delle stelle nascan dall'occhio. »

La Terra è una stella; qui naturalmente stella è da prendersi nel senso di pianeta.

« Tu nel tuo discorso hai a concludere la Terra essere una stella quasi simile alla Luna. » E poi: « Mediante la sfera dell'acqua che in gran parte la veste, la qual piglia il simulacro del Sole e splende all'universo, siccome fan tutte le altre stelle, ci dimostra ancora lei essere una stella ». Ed essa splende per virtú del Sole: « E a' piú remoti pare stella ». « La Terra non è nel mezzo del cerchio del Sole, né nel mezzo del mondo, ma è ben nel mezzo de' suoi elementi, compagni e unito con lei; e essi stessi nella Luna

quand'ella insieme col Sole è sotto a noi, questa nostra Terra coll'elemento dell'acqua, parrebbe e farebbe offizio tal quale la Luna a noi. »

Quasi tutte chiare e corrette e opposte alle molte stramberie dell'epoca, le idee di Leonardo sulla Luna e sui rapporti con la Terra specialmente quelle che si leggono nel *Codice Arundel.*

« Se terrai osservate le particule delle macchie della Luna, tu troverai in quelle spesse volte gran varietà e di questo ho fatto pruova io stesso disegnandole. »

« Qui si conclude che ciò che della Luna splende, è acqua simile a quella de li nostri mari e cosí inondata e ciò che di lei non splende sono isole e terra ferma. »

Uno di questi disegni delle cosiddette macchie lunari ci è conservato nell'*Arundel.*

« La Luna è corpo opaco e solido e se per lo avversario è fatto trasparente, e' non riceverebbe il lume del Sole. »

« La Luna non ha lume da sé, se non quanto ne vede il Sole tanto l'alumina. Della sua luminosità tanto ne vediamo quanto è quella che vede noi. E la sua notte riceve tanto di splendore, quanto è quella che le prestano le nostre acque nel rifletterli il simulacro del Sole. »

E dopo ciò nel foglio 94 V dell'*Arundel*, Leonardo per primo dà la corretta spiegazione del "lustro della luna", cioè della cosiddetta luce cinerea. Come si sa prima e dopo il novilunio sorgerà a ponente la Luna in crepuscolo serotino avanzato; ed essa si lascia ben vedere per intero perché la fase è completata da un lucore cinereo che perdura alcuni giorni. Leonardo ne ricerca la spiegazione in una doppia riflessione della luce che in maggior quantità, la Terra manda alla Luna dopo averla ricevuta dal Sole osservando inoltre che le fasi della Terra rispetto alla Luna sono reciproche a quelle della Luna rispetto alla Terra.

La spiegazione di Leonardo è tanto piú notevole ed ha maggior valore se si riflette che i suoi precursori e successori attribuivano il fatto o alla trasparenza della Luna, o alla sua fosforescenza, o alla luce che essa riceveva dal pianeta Mercurio o da Venere, fino all'astronomo Riccioli (1598-1671). E per la spiegazione corretta bisogna giungere a Maestlin (maestro di Kepler) e a Galileo nel *Sidereus Nuncius* (1610).

Per quanto infine riguarda la posizione della Terra nell'universo, senza alcun dubbio Egli ben conosce la rotazione diurna e come già fu detto l'ha applicata alla ca-

duta dei gravi e alla spiegazione della loro deviazione dalla verticale.

In un passo dei fogli di Windsor scrive: « Il Sole sta fermo »; ma in ogni modo su tale argomento non è facile dedurre conclusioni definitive. Delle dimensioni della Terra si è a varie riprese occupato con risultati sufficientemente esatti; e, con minor successo della distanza della Terra dal Sole e delle dimensioni del nostro maggiore astro.

Ma in ogni modo le poche cose accennate assicurano a Leonardo, se non un posto di prim'ordine, certo una posizione notevole anche in questo ramo della filosofia naturale.

CAPITOLO IX

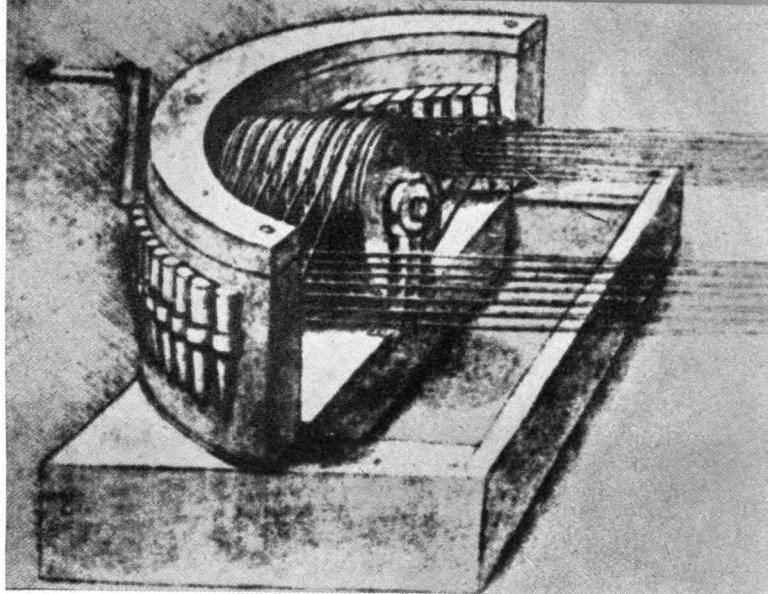
INGEGNERIA E TECNOLOGIA VINCIANA

L'ingegnere civile. Lavori e ricerche di idraulica. L'arte tessile: la cimatrice e l'incannatoio. L'arte e l'architettura militare; i congegni guerreschi. Precursori di Leonardo. La tecnologia e le invenzioni.

Nella già citata prefazione alle *Meccaniche* di Guidobaldo dal Monte, il Pigafetta concludeva che « l'essere Mechanico dunque e Ingegniero è officio di persona degna e signorile ».

A chi piú che a Leonardo possono riferirsi queste parole; e chi meglio di F. M. Feldhaus, uno dei maggiori storici della tecnica, ha potuto dire che nessun ingegnere di qualsiasi tempo, di qualsiasi nazione ha avuto una cosí ampia penetrazione? Leonardo non è, come ora si dice, un ingegnere specializzato in qualche branca della vasta scienza dell'ingegneria, ché nella tumultuosa epoca in cui Egli ha vissuto non erano ammesse né concepite le specializzazioni; ma un ingegnere che lascia orme profonde nella meccanica teorica, che pensa a tutti gli artifizi meccanici e ad ognuno arreca un perfezionamento, quando non li in-

venta completamente. L'ingegnere dei tempi antichi fino al Rinascimento e piú oltre ancora, non è, e non può essere uno specialista; deve essere ingegnere civile, industriale, tecnologico, idraulico, architetto; deve soprattutto essere dotto in ingegneria e architettura militare, terrestre e navale; deve adattare la lunga esperienza tramandata dai tempi piú remoti, mai perduta se pur lentamente progredita, alle esigenze dei nuovi tempi; deve conoscere le regole empiriche della vecchia statica, della resistenza dei materiali e i metodi delle costruzioni. Nessuno lo è stato in grado piú eminente e piú completo di Leonardo, che potrebbe anche chiamarsi il primo ingegnere aviatore. Non vuol essere, per quanto è umanamente possibile e colle poche fonti di energia note ai suoi tempi, un empirico; ma vuol far derivare la pratica dalle solide concezioni teoriche. La teoria, ha Egli scritto, è il capitano; la pratica sono i soldati; ed è in tutto conforme in ciò al pensiero della piú squisita ed elevata scienza moderna.

Arduo, difficilissimo cómpito, quindi, quello di dover costringere in poche pagine e col modesto sussidio della sola parola, un tema meraviglioso che comporterebbe esso

Torcitura dei fili (*Codice Atlantico*, 2 V a).
(Riproduzione fotografica dall' originale).
(Vedasi a pagina 234).

solo un assai piú lungo e documentato discorso.

Tenteremo tuttavia di esser brevi e chiari e, per quanto lo consentono i limiti del volumetto, completi.

Abbiamo già detto come Egli si adoperò per le varie grandi feste e giostre che allietarono la Corte sforzesca, dell'abbellimento della Sforzesca di Vigevano. Dopo la peste, Egli pensa al rinnovamento edilizio di Milano ed ha la chiara visione di ciò che avrebbe dovuto essere una città moderna: strade ampie, con grandi ed ombrosi giardini adorni di fontane con sapiente distribuzione di acque. E traccia numerose piante di edifici, di ville signorili, soprattutto nel *Cod. Atl.*

Una presso il Naviglio, probabilmente per Carlo d'Amboise, di cui già dicemmo, doveva avere dei ventilatori per elevare l'acqua a scopi igienici nei vari piani, per innaffiare i giardini all'italiana, adorni di grandi peschiere ed uccelliere (Leonardo amava tanto gli uccelli!), di giuochi d'acqua da rendere suoni gradevoli. Insomma, una visione superba, una geniale anticipazione della modernissima urbanistica. E progetta il bagno per la duchessa Isabella; una modernissima stalla per piú di 100 cavalli,

forse pei Sanseverino. I calcoli di cui sono pieni alcuni fogli dell'*Atl.* e di altri mss., per capriate, archi, puntoni, tiranti, ecc. provano tutta la sua perizia di ingegnere civile. Nella parte che piú da vicino riguarda la tecnica delle costruzioni Egli modifica, trasforma una innumerevole serie di congegni pel sollevamento dei materiali, coi piú svariati sistemi di ingegnosissime carrucole, le piú poderose gru, anche quella ad asta superiore girevole, come quelle moderne; idea la prima scala meccanica, in cui una grande ruota, con opportuni ingranaggi fa alzare gradatamente la scala; la carriola a mano, pel trasporto dei materiali, che si scarica automaticamente. Il tecnico poi si preoccupa e studia le cause di rottura dei muri, degli archi, di cui è primo ad abbozzare una teoria; degli sforzi sopportati dalle travi impiegate nelle costruzioni, della loro resistenza; degli attriti.

Un vero e grande ingegnere civile e costruttore, che ha certamente dovuto esplicare a Milano tutte le sue virtuosità, per quanto solo qua e là ne resta traccia nei documenti.

Non si fa nessuna esagerazione affermando che Egli è il primo ingegnere idraulico dei suoi tempi; e la sua opera idraulica,

riassunta nelle trascrizioni fatte da Fra' Maria Arconati nel trattato *Moto e misura dell'acqua*, fu illustrata da un altro grande idraulico italiano, Elia Lombardini. Il suo costante pensiero è di mostrare la utilità delle sue scoperte, dei suoi congegni. Ci dice: « Ricordati quando commenti l'acque d'allegar prima la sperienza, poi la ragione » (*H*, 42 r).

« Quando tu metti insieme la scienza de' moti dell'acqua ricordati di mettere sotto a ciascuna proposizione li sua giovamenti, acciò che tale scienza non sia inutile » (*F*, 2 v).

I primi suoi studi tecnici riguardano congegni pel sollevamento di acqua a secchie, con pompe a stantuffo, con cochlee semplici o doppie e triple, già piú o meno note ai suoi tempi; ma si volge ben presto allo studio dei fiumi, delle loro correnti, della loro velocità ed enuncia, come vedemmo, il principio fondamentale dell'idraulica. Un altro grande idraulico torinese, Giorgio Bidone, dice che la parte descrittiva della forma e delle direzioni delle correnti nei canali è tale da non lasciar nulla a desiderare, dando spiegazioni informate ai principî fondamentali della meccanica, in generale giuste. Sono in particolar modo

interessanti per le conseguenze pratiche che ne ricava per gli effetti sul fondo e sulla erosione delle pareti, sugli scavamenti, gli interri, e infine sulla formazione dei vortici, o retrosi.

Ci sono noti i suoi grandi progetti sui canali di navigazione: uno che avrebbe dovuto riunire Firenze con Prato e Pistoia, e di nuovo raggiungere l'Arno; l'altro tra Pisa e Livorno; i suoi studi sulla sistemazione e navigazione dell'Adda (*Atl.* 114 Vb, c) e di un canale navigabile fra il lago di Lecco e il Lambro (*Atl.* 275 Ra). Tali studi sono cosí caratterizzati da un nostro giovane studioso dell'opera idraulica di Leonardo, F. Arredi: « Pensò Leonardo a due soluzioni per superare le rapide d'Adda: rialzare le acque del fiume fra Paderno e Lecco con una diga e superare il relativo forte salto con una conca di sua nuova concezione; congiungere Lecco con Como attraverso i laghi di Brianza. Ma quest'opera grandiosa non fu compiuta; come restò allo stato di progetto quella del canale di Romorantin in Amboise di cui facemmo cenno ».

Progetta ancora un ponte canale navigabile della Toscana (*Atl.* 46 Va); fa disegni di paratoie, ecc.

Abbiamo detto delle conche. Esse non furono inventate certamente da Leonardo, cui per altro arrecò dei perfezionamenti notevoli. Un disegno dell'*Atl.* 33 Va, ci dà una chiara idea di questa importante opera idraulica per agevolare la navigazione fluviale, in fiumi a forte pendenza o con rapide o con piccole cascate.

Tali conche servono a far superare alle navi o alle grosse barche forti dislivelli o rapide. In opportuni luoghi lungo la riva si costruiscono nel letto del fiume bacini rettangolari coi due lati piú lunghi paralleli alle sponde (conche); anzi uno è proprio sulla sponda.

Gli altri due lati hanno nel mezzo o agli angoli una porta da chiudersi con saracinesca o paratoia, o con battenti. Una barca che vuol risalire la corrente entra nella conca per la porta inferiore (a valle), che poi vien chiusa; quindi si apre la porta superiore (a monte).

L'acqua si eleva nella conca fino a raggiungere il livello del tratto superiore del canale, facendo salire la nave, che può con vela, con remi o con trazione meccanica dalla riva uscire dalla porta superiore, al di là della rapida. Manovra inversa se vuole discendere. Leonardo ha perfezionato la

chiusura con saracinesca, quanto mai imperfetta, sostituendovi quella delle doppie porte ad angolo ed il sistema della ventola a braccia disuguali, sfruttando cosí la pressione dell'acqua per la perfetta chiusura dei doppi battenti.

In questa parte dell'idraulica pratica Leonardo ebbe precursori famosi; ché tale scienza delle acque è antichissima. Forse ebbe origine dagli antichi abitatori dell'Egitto costretti a sfruttare le piene del loro fiume sacro; la loro pratica, le loro osservazioni si continuarono e forse si tramandarono, per chi sa quali vie, agli antichi abitatori della valle padana e della laguna veneta che si trovarono di fronte a problemi quasi analoghi per quanto non altrettanto grandiosi. L'enorme sviluppo dei canali del Milanese, che ha avuto i suoi diligenti storici, era stato favorito dai Visconti. Sotto Gian Galeazzo Visconti, i marmi per la costruzione del Duomo venivano per via acquea dal Verbano, poiché si era trovato il modo di superare il dislivello tra gli specchi d'acqua del Ticinello e la fossa interna. Di qui sorgeva la prima idea della conca di navigazione nel 1439 per opera di Filippino degli Organi da Modena e Rodolfo Fieravante di Bologna. Seguirono la

costruzione del naviglio di Bellosguardo e poi tra il 1457 e 1460 Bertola da Novate, sotto Francesco Sforza, aveva condotte le acque dell'Adda fino ai sobborghi di Milano col celebre naviglio della Martesana; il naviglio poi tra Milano e Pavia fu completato sotto il figlio Gian Galeazzo. Col completamento della fossa interna e la sua congiunzione col naviglio della Martesana, di cui si è a lungo occupato Leonardo, si aveva nel 1497 una rete di ben 90 chilometri di canali navigabili tra Milano, il Po e i grandi laghi.

Un altro ingegnere idraulico, Aristotile Fieravante o Fioravanti, figlio di Rodolfo, si occupò dei canali di Milano, di Parma sotto Francesco Sforza e fu ingegno singolare, famoso pel trasporto di torri a Bologna e a Cento; chiamato a Mosca vi portò onorevolmente l'arte costruttiva italiana.

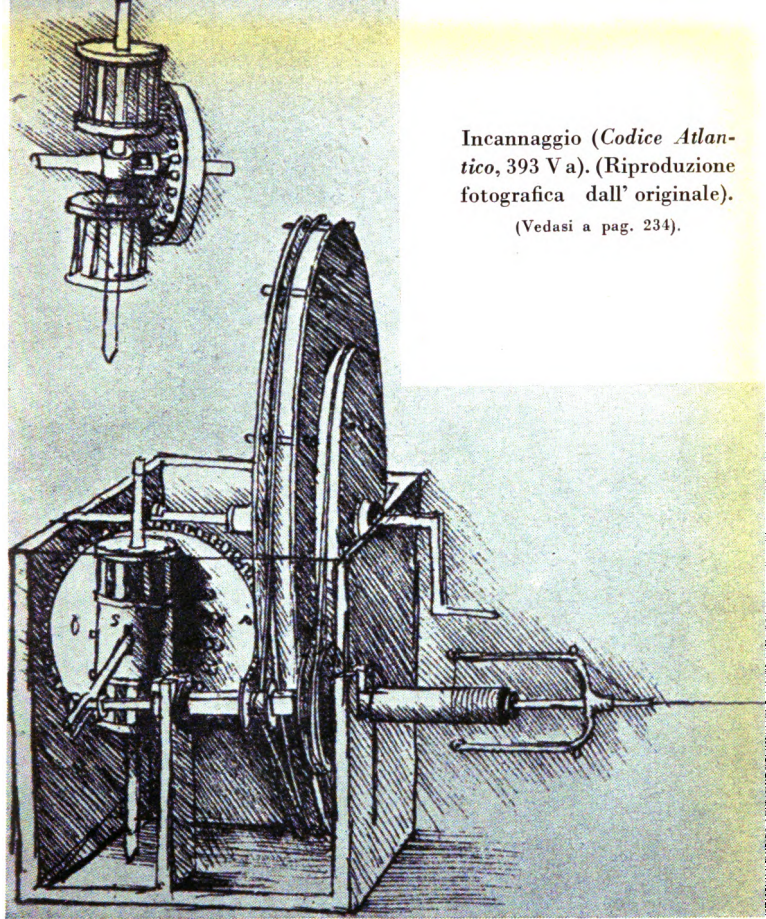
Il Fioravanti ci è ora ben noto per i lavori di Luca Beltrami e del Sinigolfi; poco si sa del Bertola e di un altro idraulico, Aguzio da Cremona.

Leonardo si occupa della escavazione dei canali, forse per quello del porto canale di Cesenatico al tempo del Borgia come vuole la tradizione. Tale escavazione, si fa con ingegnosi mezzi meccanici, con ordine, rapi-

dità e il minimo tempo. La terra scavata dagli operai (e Leonardo fa il conto dello sterro compiuto in un giorno e della spesa) deve essere trasportata in alto; riempiti i secchi o cestelli essi vengono sollevati contemporaneamente con moto continuo e regolare a mezzo di una gru che fa l'ufficio di organo centrale, o di una grande ruota o con ingegnosi apparecchi cui viene impresso un moto di rotazione. Tre bellissimi disegni, coi loro particolari, sono contenuti nell'*Atl.* 1 Va, b; 363 Vb. E costruisce una serie di interessanti cavafanghi (già però noti ai suoi tempi) a catena, a secchi, a ceste e quasi del tutto simili a quelli in uso ancor oggi, per la spurgazione dei canali, delle paludi; una draga galleggiante pei lavori subacquei (*E*, 75 v).

Le ruote idrauliche, le piú diverse forme di pompe, occupano numerosi fogli dell'*Atl.* e davanti a tanta ricchezza, a tanto splendore di tecnica congiunta alla piú profonda teoria, di cui si può già avere una pallida idea colla sola lettura dell'indice del portentoso codice, si resta quasi attoniti e meravigliati! Ma le meraviglie non si arrestano certamente qui.

Incannaggio (*Codice Atlantico*, 393 V a). (Riproduzione fotografica dall' originale).

(Vedasi a pag. 234).

Leonardo non poteva non interessarsi dell'arte tessile, nella industriosa Lombardia. Arte questa pure vecchia quanto l'umanità; modesti, anzi rudimentali telai, informati sempre ad un identico principio, furono rinvenuti tra le palafitte e le terremare dei nostri preistorici antenati; e le bende che avvolgono le regali mummie delle prime dinastie egiziane, cioè di quaranta secoli prima dell'èra volgare, sono di tela finamente tessuta. È poi ben noto quali progressi, quale floridezza avessero raggiunto le arti tessili in quasi tutta Italia e specialmente in Calabria, in Toscana e Lombardia; e le maestranze, raggruppate in arti, in corporazioni, di cui ci sono noti gli statuti, i diplomi, i privilegi, erano famose in tutto il mondo. L'arte della seta era chiamata nobilissima e forniva meravigliose stoffe, splendidi broccati trapunti in oro e argento.

Non è da escludere che, a richiesta di industriali, Leonardo si sia occupato di tal ramo di tecnica. Sono continui i suoi tentativi per macchine da filare e tessere e di telai meccanici; un breve appunto (*Forster* II, 42 v) accenna al modo di « fare il liccio », però mancano in generale di leggende esplicative. Tuttavia si vede chiaro

un dispositivo automatico di arresto in caso di rottura del filo; schizzi di telai per fare la bambagia, i passamani, progetti di garzatrici, di spole e spolette. È fama che abbia pensato di valersi della forza idraulica per azionare una macchina tessile, sfruttata poi dal veneziano V. Zonca ai primi del 1600. Alcuni dei piú bei disegni dell'*Atl.* riguardano macchine per la torcitura dei fili, per la formazione dei canapi e corde, quasi in tutto simili alle moderne. Il nome di Leonardo resterà poi associato a due veramente belle invenzioni: quella dell'„incannaggio", e l'altra della "rasatrice" o cimatrice. Con la prima, in uno splendido e particolareggiato disegno dell'*Atl.* 393 V a, si vuole avvolgere le matasse del filato su rocchetti; operazione che era certamente fatta a mano.

La macchina, o il dispositivo di Leonardo, ancora oggi adoperato, riduce tutto al moto di una sola ruota a manovella che col gioco di ruote dentate comunica un moto di rotazione al rocchetto e un moto regolare alternativo al filo. Si ha con ciò l'avvolgimento cilindrico; ma non risulta che Leonardo abbia pensato ad altri sistemi, pur oggi in uso (eccentrico a cuore) per ottenere avvolgimenti a forma bombata.

L'altra invenzione, di cui si hanno numerosi disegni nell'*Atl.*, è quella della cimatrice o rasatrice, come Leonardo la chiama. Si tratta di far passare il panno, ottenuto imperfetto dal telaio e avvolto sopra opportuni cilindri, attraverso grandi cisoie che aprendosi e chiudendosi regolarmente mentre il panno scorre sopra tavole orizzontali, su cui sono inserite le forbici, tolgono tutte le irregolarità alla stoffa. Una sola manovella può regolare il moto del panno e la chiusura e apertura delle forbici; ed essa richiede quindi l'opera di un solo. Fu attuata?

Gli storici di questo ramo della tecnica narrano che quando essa fu ritrovata e costruita in Inghilterra nel 1758, provocò una sommossa di operai; e lo stesso avvenne cinquant'anni dopo in America, quando Gionathan Ellis costruì la cimatrice a lame elicoidali.

In questo ramo, dunque, Leonardo deve essere giustamente annoverato tra i precursori di Kay, di Falcon, di De Gennes, di Vaucanson e di Jacquard.

Nella famosa lettera-programma al Moro, Leonardo si sofferma maggiormente sulle sue conoscenze militari, su ciò che Egli sa

fare nell'arte della guerra; ed il Promis che ci ha fatto conoscere tutta la bibliografia degli scrittori bellici italiani prima di Leonardo, ha ben giustamente affermato che Egli ha corrisposto a tutte le sue promesse, anzi, aggiungiamo, le ha di gran lunga superate.

L'arte della guerra, vecchia quanto l'umanità, fu tenuta sempre in sommo onore presso tutti i popoli della piú antica civiltà; la sua tecnica era riguardata arte nobile e liberale, in antitesi alle arti meccaniche lasciate agli schiavi. Ha avuto i suoi ingegneri, i suoi trattatisti che scrissero di cose belliche in generale e ci tramandarono preziose notizie sulle armi, sulle artiglierie da montagna, da costa, da assedio che all'invenzione della polvere sostituirono le grandi catapulte, le formidabili balestre di cui Leonardo ci ha lasciato superbi disegni.

Ma qui il numero e la qualità dei predecessori di Leonardo, remoti o immediati, che si occuparono ancora di architettura militare, i quali in parte Egli ha conosciuto e studiato, a cominciare dal vecchio e sempre istruttivo Vitruvio, è invero imponente: Vitruvio, Vegezio, Marco Greco, forse anche il libro o codice di Biringuccio, il milanese Pietro Monti. La letteratura militare italia-

na dal secolo XII in poi e fino al Rinascimento è la piú ricca di quella di ogni altro paese e famosissimi poi erano gli artiglieri e le artiglierie italiane; letteratura che è stata oggetto di studi profondi di Carlo Promis alla metà del secolo scorso, poi di Mariano d'Ayala e vanta perfino una scrittrice, Cristina da Pizzano (1364-1415), il cui *Livre des faits d'armes et de chevalerie*, stampato a Parigi nel 1488, fu tradotto in inglese.

Gli storici tedeschi dell'arte bellica, come il Jähns, riguardano Konrad Kyeser di Eichstädt (1366-1405) come il fondatore della letteratura dell'arte militare in Germania. Il suo trattato in dieci libri *Bellifortis* è rimasto inedito e si conserva in una biblioteca di Göttingen; il suo contenuto ci è stato fatto conoscere dal Feldhaus (*Die Technik der Vorzeit*, 1914). E tra l'altro vi si riscontrano, rozzamente disegnati, modelli di balestra, di una sedia mobile per azione del vento, sifoni a tromba, cannoni ad organo e a revolver, carri d'assalto e di combattimento, macchine idrauliche; e ancora disegni di battelli con ruote a palette mosse dalla forza muscolare di un uomo, battelli in pelle, dei salvagenti, istrumenti per palombari, ecc.

Date le grandi relazioni commerciali tra Lombardia e Germania e l'interesse immenso che i potenti attribuivano ad ogni cosa guerresca, si fa vivo il sospetto che alcuni dei ritrovati del Kyeser non abbiano potuto restare sconosciuti in Italia. Sospetto o ipotesi che riceve qualche lume, se non proprio conferma, nell'opera di due italiani del secolo XV che potrebbero dirsi quasi i continuatori dell'opera del Kyeser e di altri trattatisti tedeschi fatti conoscere dal Feldhaus.

Il primo di questi è Giovanni Fontana (1395-1455) che visse a Venezia, Padova, Bologna. Il suo *Bellicorum instrumentorum liber cum figuris et fictivys litteris conscriptus* è manoscritto nella biblioteca di Monaco, si compone di 70 fogli con scrittura a segreto, a cui piú tardi altra mano aggiunse la spiegazione. Ed anche in questo codice, secondo il Feldhaus, si trovano disegnati dei cavafanghi a stanga, degli automati, una lanterna magica, un carro mobile per la forza muscolare dell'uomo, torpedini e mine natanti, razzi incendiari, ecc.

Recenti studi di G. Sarton, di Lynn, Thorndike ci hanno fatto conoscere altre opere del Fontana, del pari rimaste mano-

scritte, sui labirinti, sugli specchi e un *Liber de omnibus rebus naturalibus.*

L'altro trattatista cui accennavamo, è Mariano Jacopo da Siena, detto il Taccola o Archimede, della prima metà del secolo XV. La sua *Ikonografia* è rimasta manoscritta alla biblioteca statale di Monaco, e il suo *De Machinis bellicis* (derivato dal primo da P. Santini) è stato esaminato dal grande chimico Berthélot e dal Jähns. Rimontano agli anni 1438 e 1449. Altri codici sono a Siena. Egli pure, sempre rozzamente, disegna una funivia per trasporti aerei, dei mulini mossi sfruttando la energia delle maree, ingranaggi mossi col favor del vento, battelli a ruote, cannoni, macchine pel loro sollevamento con puleggie o con banchi a vite, riparo blindato per cannoni, macchina per triturare la polvere pirica, battelli a ruote, un tubo respiratorio per palombaro, balestre, torri munite di cannoni con gabbia, carri guerreschi con cannoni opposti, bombarde, mitragliatrici, ecc. ecc. Il disegno del rudimentale scafandro del ms. di Monaco è il piú antico che si conosca.

Citiamo infine l'opera celebre di Roberto Valturio da Rimini, *De re militari*, composta verso il 1460 e stampata a Verona nel 1472 con le xilografie del Pasti, opera che

in sostanza contiene gli stessi argomenti di cui abbiamo scritto, torre girevole con cannoni, ponti tubulari, cannoni a revolver, e fino un rozzo disegno di una nave sott'acqua in cui si volle riconoscere una prima idea del sottomarino. Dopo i confronti diligentemente istituiti dal Solmi, si possono identificare le cose che Leonardo ha preso dal Valturio.

In mezzo a cosí lussureggiante produzione, certamente nota, non è facile dirimere con sicurezza ciò che Leonardo ha preso o da cui è stato inspirato, da quello che ha dato o semplicemente e quasi sempre perfezionato. Una cosa è certa ed evidente agli occhi del piú profano; tra i suoi disegni e quelli dei suoi predecessori, dal Kyeser al Valturio, vi è un abisso e per la bellezza e perfezione del disegno, e per la precisione ed esattezza dei particolari tecnici. In qualche caso poi la sua originalità e la sua priorità sono fuori di discussione. Ed anche qui noi non possiamo che accennare, spigolare poche cose in un argomento vastissimo.

Anche Leonardo si occupa del trasporto dei cannoni con carri, con tricicli e del loro sollevamento. Un meraviglioso disegno di Windsor, ora pubblicato nelle tavole dei di-

segni dal Venturi, rappresenta un arsenale e un poderoso argano pel sollevamento di un grosso calibro. Il *Cod. Atl.* è poi soprattutto una inesauribile miniera di disegni di piccoli calibri coi loro carrelli e gli accessori per la rapida inclinazione del pezzo, modelli di bombarde con scoppio di granate; di cannoni ad organo (come in Kyeser) composti cioè di tante bocche disposte a raggiera e che si fanno esplodere contemporaneamente; i cannoni a revolver, una veneranda antenata delle mitragliatrici odierne, cioè dieci o dodici cannoncini posti uno accanto all'altro in varie file su di un cilindro che ruota mentre i cannoni fanno fuoco di fila. Progetta la costruzione di cannoni di varia forma con camera sferica, dai nomi piú singolari: p. es. fulminaria, da caricarsi per la culatta; e studia il fenomeno del rinculo, il modo di far completa l'accensione della polvere, e infine inventa la loro accensione automatica con l'acciarino, o acciaiuolo; lo scatto di molle fortemente compresse, precisamente « di tre molle, una a far volger la rota, la seconda a spinger la pietra, la terza a chiavar detta rota », provoca dalla pietra focaia la scintilla che deve accendere la polvere.

Nel ms. *B*, 33, 96 Leonardo attribuisce ad

Archimede l'invenzione dell'„architronito", una specie di cannone che viene fortemente riscaldato, converte in vapore l'acqua con cui viene a contatto e può cacciare con gran furia le ballottole. Ma esso era noto verso il 1000 ai Bizantini; ne parla fino il Petrarca nel *De rimedis utriusque fortunae* e ne ha dato ampie notizie H. Diels nella sua eccellente opera: *Antike Technik*, p. 115-117. E disegna carri coperti, carri con falci mossi da cavalli, mostruose balestre semplici, multiple a otto molle, con ruote oblique, balestre scudate; ponti fissi, mobili e di barche; grossi ganci o tanaglie di presa pei grandi affusti; un vero trattato di artiglieria!

Si è detto delle barche mosse da ruote a palette, di cui Egli fa uno studio profondo; ma è sempre la forza muscolare dell'uomo che le fa muovere. Colle mani o coi piedi, a mezzo di cinghia o catena o con altri artifizi, il moto era comunicato alle due ruote simmetricamente situate ai due lati della barca. Pensa a tutte le insidie della guerra navale, al modo di abbattere e abbordare una nave nemica; all'impiego del navilio leggiero; ed anche alle polveri velenose, deleterie, come i gas asfissianti; infatti scrive:

« Sia gitato infra i navili nimichi con tra-

bocchelli calcina e orpimento [velenosissimo solfuro di arsenico] e verderame in polvere e tutti quelli che nello anelito piglieranno detta polvere, coll'anelito si tramortiranno; ma guarda tu avere il vento che non ti mandi la polvere incontro, overamente avere al naso e alla bocca una sottile peza bagnata aciò la polvere non passi. » Il primo accenno, dunque, ad una maschera protettrice.

Descrive, ma non erano nuovi, battelli incendiari; e il modo « per forare un battello di sotto » affidandone l'esecuzione a un palombaro, il quale dopo aver praticato un foro in una delle tavole della carena, vi applica un'armatura a due o tre punte la quale porta un trapano azionato da una lunga leva che col moto forerà la nave e la farà affondare.

I modesti ordigni da palombaro che Leonardo designa col nome di "alito", sono descritti in vari codici, p. es. in *B*, e poi nell'*Atl.*, dove disegna un tubo piegato (*canna*) che va dalla bocca del palombaro alla superficie del mare ed è sorretto da uno spesso disco di sughero, e in un altro disegno descrive il costume del palombaro con « l'otra che tien l'alito ». Apparecchi poco chiari e anche poco efficaci per una lunga dimora

sott'acqua. Ma nel *Leicester*, 22 v, Egli assicura di aver trovato un mezzo per restar sott'acqua per quanto tempo si può stare senza mangiare; però soggiunge: « Questo io non pubblico e divulgo per le male nature delli uomini, li quali userebbero li assassinamenti nel fondo dei mari, col rompere i navili in fondo e sommergerli insieme colli uomini che vi son dentro; e benché io insegni delli altri, quelli non son di pericolo, perchè di sopra all'acqua apparisce la bocca della canna, onde alitano, posta sopra li otri o sughero ».

Leonardo non ci ha mai rivelato questo segreto.

Pochi anni dopo la sua morte, il bolognese F. de Marchi (1506-1597), un precursore di Vauban, la cui *Architettura militare* fu pubblicata nel 1599 e poi in splendida edizione nel 1810, racconta come, valendosi di un "instrumento" di certo Guglielmo di Lorena e sul quale mantiene anche lui il piú assoluto segreto, poté fare una esplorazione (1535), storicamente accertata, nel lago di Nemi e sulle famose navi di Caligola.

L'architettura militare ai tempi di Leonardo aveva due grandi maestri: Francesco

di Giorgio Martini da Siena che Egli conobbe a Milano e Pavia, autore di una famosa *Architettura militare* rimasta inedita fino alla metà del secolo scorso, cui va attribuita la invenzione dei bastioni, della strada coperta; e Giuliano da Sangallo (1445-1516) pure ben noto a Leonardo fin da Milano e poi in Roma, celebrato autore delle Rocche di Civitavecchia; e in un codice barberiniano della Vaticana si possono ammirare i superbi disegni, illustrati nel 1910 da C. Huelsen.

G. B. Venturi aveva già notato che l'*Atl.* offre una ricca messe di disegni e di invenzioni del piú alto interesse per la storia dell'arte militare e un quadro completo delle conoscenze sulle fortificazioni, sulla difesa e offesa, che si avevano alla fine del secolo xv. E all'*Atl.* bisogna associare il *Codice B.* In questo si trova un elegante disegno di un bastione a losanga e a due torri, per modo che i fuochi dei pezzi non si incrocino; lo propone pel Castello Sforzesco, e munisce le sue fortificazioni di condotti sotterranei facilmente inondabili e con pari facilità asciugabili; avvisa ai metodi di difesa e di assalto dei bastioni protetti a volte con paglia bagnata, al modo di respingere le scale stando all'interno, ecc.

Alcuni dei disegni dell'*Atl.*, p. es. 48 Ra,b, 48 Vb, così eleganti nella bellezza e nella perspicuità del disegno, presentano nuovi tipi di fortificazioni circolari, studiate recentemente da Ignazio Calvi, piú atte alla difesa esterna, ma che forse non furono mai attuate.

A voler accennare, anche con brevissime note esplicative, tutte le invenzioni meccaniche di Leonardo, non basterebbe un grosso volume, invece dobbiamo limitarci a poche pagine. Non vi è infatti nessun ramo della tecnica in cui Egli non abbia lasciato l'impronta del suo genio, in cui non abbia trovato qualche artificio che è poi restato anche nella tecnica moderna; in cui non abbia cercato di sostituire all'opera dell'uomo l'energia derivante dalla caduta di un peso o da una corrente o caduta d'acqua; o per lo meno ricondotto tutto il movimento di macchine complesse, i cui organi hanno movimenti diversamente armonizzati, al movimento di una sola ruota, come già fu detto per la cimatrice, per l'incannaggio cosí si può ripetere per la bella macchina per incidere le lime, in cui la caduta di un peso provoca il moto, i colpi del martello e lo spostamento orizzontale del carrello su

cui è la lima da incidere; come nella macchina per battiloro con carrello automatico. Ha sfruttato in certe pompe l'energia del moto di un grosso pendolo; quella dell'aria calda ascensionale nel modesto girarrosto a palette o ad elica.

Tutto ha trattato Leonardo. Dai congegni e strumenti piú umili come tanaglie, seghe meccaniche circolari, alle eleganti e perfette trafile, ai torni, alle perforatrici, al congegno automatico per incider le lime; dal modesto ventilatore per impedire al fumo di invadere la camera riscaldata, ai modestissimi girarrosto; dalle varie macchine per la costruzione delle viti, per quella degli aghi, alle catene in acciaio a nuclei per trasmissione dette alla "Vaucanson" e del moderno tipo "Galle" per biciclette; dai suoi tentativi per l'autolocomozione, agli innumerevoli congegni idraulici; a tutto pensa la mente fervida ed inesauribile di Leonardo, che trasforma e rinnova la vecchia tecnica toscana e lombarda.

Innumerevoli sono gli artifici meccanici da lui escogitati per la trasformazione di moti continui in moti alternativi e che, malgrado l'ancora scarso ed imperfetto stato della storia della tecnica, si hanno buone ragioni per ritenere quasi con certezza che

siano originali; tali, ad esempio, il sistema ancor oggi in uso e detto "*encliquetage*", in cui si trasforma un moto alternato in un moto intermittente di un senso costante e determinato, o per trasmettere due moti di senso contrario alle due lame di grandi forbici che col sussidio di un maglio si aprono e chiudono. E poi inventa falciatrici, le piú potenti macchine di sollevamento, a peso, a martinetto, ecc.

Tra i disegni meravigliosi si trovano, ma non sono tutti nuovi, vari sistemi di scappamento degli orologi; anzi in un breve schizzo dell'*Atl.* si potrebbe ravvisare forse l'idea del fuso o conoide per regolare la forza della molla, scoperta fatta già nel secolo xv da qualche abile operaio di cui s'ignora il nome.

È però quasi da escludere che Egli abbia avuto l'idea della applicazione del pendolo agli orologi, la costruzione dei quali anche al tempo di Leonardo era assai progredita, senza parlare delle meraviglie che avevano saputo realizzare gli antichi.

Leonardo ha ben conosciuto il triciclo, da lui applicato sin nei primi e piú vecchi disegni fiorentini al trasporto degli affusti di cannoni. Come mai avendo tutti gli elementi costitutivi, ruote dentate, catene per

trasmissione, telai — i disegni dei quali risultano dal *Cod. Atl.* — non ha Egli pensato alla bicicletta?

Ciò forse va attribuito al fatto che Egli, teorico meccanico, non ne ha intraveduto bene la teoria, non facile, dell'equilibrio dinamico, per quanto non gli fosse ignoto il moto della trottola o "chalmone"; e mette in guardia sopra il pericolo di voler fare azzardate ricostruzioni, accoppiando elementi disparati e concepiti con tutt'altro scopo. Ma se non alla bicicletta, ha Egli certo pensato ad una vettura automobile già prospettata, come dicemmo, da Fontana; vettura che si volle addirittura chiamare la "Fiat di Leonardo". L'organo motore è costituito da due robuste molle di acciaio (balestre) che dovevano venire fortemente inflesse e poi gradatamente scaricate, come in fondo avviene nel piccolo e meraviglioso orologio a molla. È stata studiata dal Semenza e recentemente dall'Ing. Canestrini. Questi osserva che i disegni di Leonardo non sono molto espliciti e contengono delle incognite non facilmente risolubili rispetto al funzionamento delle molle, che avrebbero dovuto ricaricarsi durante la marcia.

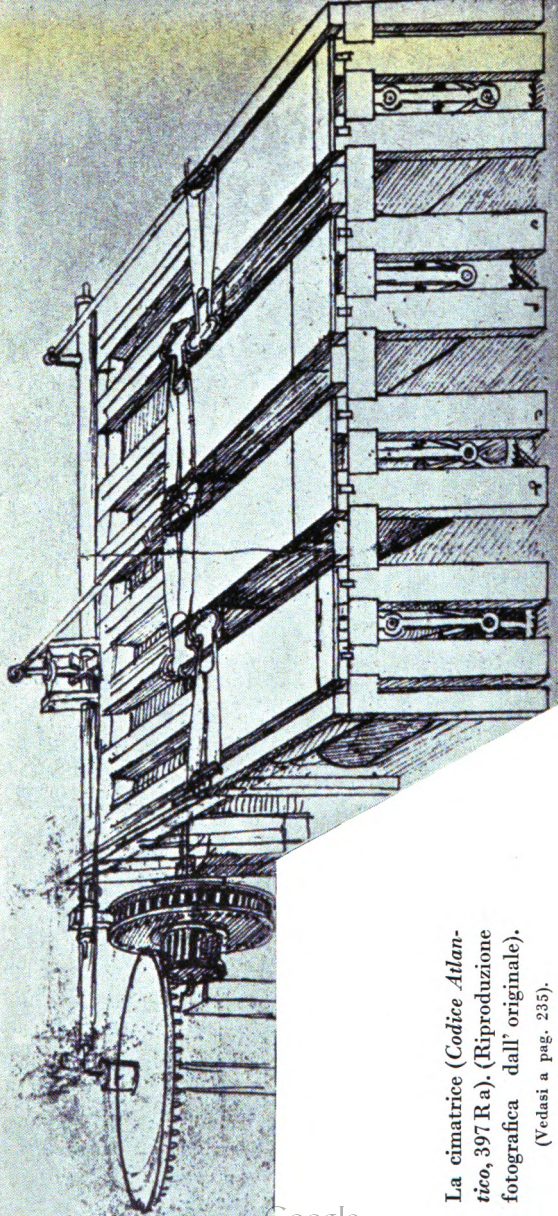
Ma Leonardo idea la trasmissione indipendente delle due ruote motrici collegan-

dole con un vero e proprio differenziale; e ciò fa di Leonardo un sommo pioniere dell'autolocomozione.

Leonardo si è occupato anche della costruzione di istrumenti, come il podometro, dell'odometro o conta passi (già noto ad Erone, all'Alberti); dell'igrometro, dell'inclinoscopio; della costruzione di istrumenti di precisione, compassi; di seste proporzionali; di compassi parabolici e di un ingegnoso meccanismo per la risoluzione pratica del problema della "*incidentia*" o di Alhazen di cui già dicemmo in altro capitolo, dopo aver invano tentato di trovarne la risoluzione per via geometrica. La cosa piú notevole di tale istsrumento è che vi si fa la prima (almeno sin qui nota) applicazione di un rombo articolato; la prima comparsa dunque di un sistema articolato.

L'istrumento fu da me ricostruito nel 1929; prima seppur modestissima prova del fatto che le macchine che Leonardo schizza sulla carta possono essere effettivamente ricostruite secondo i semplici accenni da lui lasciatici.

L'elenco arido e incompletissimo di tutte le invenzioni, di tutte le sottigliezze, di tutti i particolari tecnici potrebbe essere continuato indefinitivamente; ma basti quel

che in breve abbiamo schematicamente detto. La sola lettura dell'indice sistematico del *Codice Atl.* redatto dal compianto Guido Semenza, di cui è imminente la pubblicazione, dà appena un'idea del formidabile lavoro di Leonardo, che costituisce un ampio e moderno vero trattato di tecnologia! Lavoro che forse restò quasi sconosciuto ai suoi contemporanei e ai posteri fino ai nostri giorni, perché da appena un secolo viene sottoposto alla nostra stupefacente ammirazione.

La cimatrice (*Codice Atlantico*, 397 R a). (Riproduzione fotografica dall' originale).

(Vedasi a pag. 235).

CAPITOLO X

IL VOLO DEGLI UCCELLI E IL VOLO UMANO O STRUMENTALE

La resistenza e i moti dell'aria. Volo degli uccelli in aria senza vento e in presenza del vento. Primi apparecchi pel volo umano o strumentale. Il volo per favor di vento. Il paracadute e l'elicottero.

« A VOLER parlare di tal materia, ti bisogna nel primo definire la resistenza dell'aria; nel secondo la notomia dell'uccello e delle sue penne; nel terzo l'operazioni di tali penne per diversi moti; nel quarto la valetudine de l'ali e della coda » (*F*, 41 v).

« Dividi il trattato dell'uccello in quattro libri dei quali il primo sia del lor volare per battimento d'ali; il secondo del volo senza batter d'ali e per forza di vento; il terzo del volare in comune come uccelli, pipistrelli, pesci, animali, insetti; ultimo del volo strumentale » (*K*, 3 r).

In queste poche righe è esposto tutto il vasto programma di studi, durati trent'anni, in un campo assolutamente vergine e inesplorato; programma che tendeva a realizzare un sogno ardito, che Egli non vide rea-

lizzato, ma nella cui futura attuazione Egli ebbe fede cieca.

Questi studi sono sparsi col solito disordine in tutti i suoi scritti. Dopo le ricerche di Luca Beltrami, sempre acuto e benemerito ricercatore ed interprete; dopo il tentativo di Ivor Hart, che tradusse in inglese nel 1925 il *Codice sul volo degli uccelli* (non ancora completato dei quattro fogli), col piú vivo compiacimento di studioso e di italiano, vedemmo raccolti da R. Giacomelli integralmente, ordinati cronologicamente e messi a confronto colle vedute modernissime, tutti gli studi di Leonardo sul volo.

Ed il Giacomelli osserva anzitutto che la parte che riguarda il volo degli uccelli è quella che presenta il maggior interesse e valore, contenendo quasi sempre osservazioni e disegni dal vero, eseguiti senza nessun di quei sussidi di cui oggi disponiamo, di stupefacente esattezza.

Per quanto poi i prodromi di quelle scienze che oggi si denominano aerodinamica, aerologia, meccanica del volo, costruzione e calcolo degli aerei, gli scritti di Leonardo non presentano che appunti brevi che Egli poi non ebbe tempo di sviluppare, correggere e completare. Quindi un riscontro sia pur grossolano con le moderne scienze aero-

nautiche è assai pericoloso e potrebbe condurre, come è infatti avvenuto, a conclusioni errate. Valga per tutte l'esempio di quello che pomposamente si volle chiamare l'„aeroplano di Leonardo" e che si accoppia stranamente coll'altro della "Fiat leonardiana". Ciò premesso, diciamo brevemente di questi studi del Precursore.

Leonardo ha prima di tutto affrontato il problema della resistenza dell'aria al moto dell'ala, cioè il problema della sostentazione (portanza). L'aria sotto il colpo che riceve dall'ala, si comprime condensandosi localmente e istantaneamente, e fa come un corpo solido, una specie di cuneo, su cui l'ala stessa e quindi l'uccello si sostiene. Tale teoria (1486-1490) è spiegata in piú punti: citeremo soltanto il seguente passo:

« Quando la forza genera piú veloce moto che la fuga della irresistente aria, viensi essa aria a condensarsi a similitudine delle piume premute e calcate dal peso del sonnolento; e quella cosa che cacciava l'aria, trovando in essa resistenza, risalta a similitudine della palla percossa dal muro » (*Atl.* 119 v).

La scienza moderna ha però constatato che queste onde di compressione si formano soltanto a velocità assai superiori a quelle

che può raggiungere l'uccello. Ma pur ingannandosi nella valutazione quantitativa, Egli giustamente intuí che per la sostentazione in volo è necessaria una velocità relativa conveniente tra moto dell'aria e dell'ala.

Delle idee, poi, di Leonardo sulla resistenza dell'aria ai corpi in moto, abbiamo già detto in altro capitolo.

La forza del vento è altro oggetto degli studi vinciani; osservò le loro cause, la loro irregolarità e turbolenza, il loro comportamento piú regolare quando si va nelle alte regioni lontane dalla influenza della superficie terrestre; i loro moti "retrosi" e "revertiginosi", cioè la formazione dei vortici ad asse orizzontale in prossimità degli edifici e delle montagne. E ideò istrumenti per la misura della forza, e della direzione del vento.

Disegna un anemoscopio « per cognosciere meglio i venti » (*H*, 100 r), e fa tre disegni di igrometri, prendendo l'idea dal cardinale da Cusa e dall'Alberti: « istrumento a cognoscere le qualità e grossezze dell'aria e quando è a piovere » (*Atl.* 249 V a). È un igrometro a bilancia i cui estremi portano due diverse materie igroscopiche e il cui asse ruota intorno a un cerchio gra-

duato; un altro disegno del 1480 è al Louvre. Cosí descrive ancora un anemometro e un inclinometro pendolare (*Atl.* 249 Va).

Gli studi sul volo degli uccelli in aria senza vento e in presenza del vento, secondo il programma che Leonardo si è tracciato, parte notevolissima dell'opera vinciana, occupano numerose pagine dei suoi appunti. E da quando dopo il 1489 con maggiore intensità e profondità Egli si accinse allo studio dell'anatomia, precisamente verso il 1510, rivolse del pari la sua mente alla anatomia degli uccelli.

« Fa prima l'anatomia dell'alia delli uccelli e poi delle sue penne spogliate di piume e poi colle sue piume » (*E*, 31 r). Poco o nulla potevano giovargli le conoscenze dei falconieri delle varie corti italiane e in particolare il libro attribuito a Federico II di Svevia, *De arte venandi cum avibus* (pubblicato nel 1536), in cui peraltro è fatto chiaro cenno di quell'organo del dito dell'uccello, che corrisponde al nostro pollice, sul quale si innesta l'aletta o alula. Leonardo la illustra e accenna alla sua collocazione sull'osso dell'ala, o omero.

« L'omero, dove è collocato il timone dell'alia, è concavato dalla parte di sotto a uso di cucchiare e questa concavità di sotto e

convessità di sopra è fatta perché l'alzare sia facile e l'abbassare sia difficile e trovi resistentia, e sopratutto serve andare innanzi pel suo tirare in dirieto, a uso di raspa » (*E*, 46 r).

E fa numerose osservazioni sulla disposizione delle penne e la loro elasticità, la loro resistenza, sul loro restringersi nello abbassare delle ali, ecc., sul ripiegamento durante il volo, ecc.; osserva la importanza del centro di gravità nelle questioni di stabilità e di equilibrio dell'uccello, corredando tutto con schizzi, presi dal vero, delle varie posizioni assunte nel volo dall'uccello e nelle sue evoluzioni.

Nel volo in presenza del vento, pur non avendo dati precisi sulla velocità dell'uccello, nota che « molto è piú veloce il moto de' volatili che quello del vento, imperocché se cosí non fussi, nessun uccello si moverebbe contro a del vento » e considera il caso che la sua ala batta su aria fuggente o su aria sopraveniente; e parimenti il volo a vela, quando cioè l'uccello sale ad ali immobili (perché, come ora sappiamo, è sollevato da una colonna d'aria ascendente, assai spesso d'origine termica); eseguendo evoluzioni circolari, per non uscire dalla

colonna che gli farebbe perdere il beneficio del sollevamento.

Leonardo ne dà una spiegazione diversa, ammettendo che l'aria in movimento orizzontale agisca come un cuneo sotto il piano inclinato delle ali. « Mai si move l'uccello in alto, se 'l vento non li entra di sotto e fasseli conio, spignendolo alquanto per la linia del corso del vento » (*Atl.* 220 Ra). In ogni modo la descrizione della spirale descritta dall'uccello e di tante altre particolarità è perfetta e meravigliosa; e anche qui le figure disegnate sono un vero capolavoro della piú squisita osservazione; come del pari la descrizione delle manovre di volo e di equilibrio nel vento. E di tutte le cose appena accennate, esposte con esatti riferimenti nel bel libro del Giacomelli, ci piace riportare due soli appunti che sono veramente espressivi e danno una idea dell'acume profondo di Leonardo.

« Essendo tutti i principii delle cose spesse volte causa di grandi momenti, come noi vediamo un piccol moto, quasi insensibile, del timone, avere potenza di voltare una nave di maravigliosa grandezza, carica di grandissimo peso, e in fra tanto pondo d'acqua, che da ogni banda la grava, e contro alli corsi delli impetuosi venti; coll'abbrac-

ciamento di sí gran vele; adunque noi possiamo essere certi con piccol moto d'alia o di coda da entrare sotto o sopra il vento, per quelli uccelli che sopra al corso de' venti sanza battimento d'alie si sostengano, sia atto e sufficiente a proibire il discenso de' predetti uccelli » (*Atl.* 308 Vb).

« Li timoni delli omeri dell'alie son necessari quando l'uccello nel suo volare sanza battimento d'alie si vol mantenere sotto una quantità di letto d'aria, sopra la quale esso sdrucciola o sale e vorressi piegare in su e giù, o a destra o a sinistra. Allora lui adopra tali timoni in questo modo: cioè, se lo uccello si vol levare, e' mostra il timone di rivescio alla percussion del vento; se s'abbassa, e' mostra il disopra del timone obbliquo al corso del vento; se esso si volta a destra, e' mostra il timon destro al vento e se si volta a sinistra, il timone sinistro si mostra al vento » (*K*, 7 v).

Gli studi di Leonardo sul volo meccanico, improntati a due ben diverse vedute, comprendono due periodi: quello milanese che non va quindi oltre il 1500, e quello fiorentino (1503-1506).

Abbiamo già riferito, trattando della dinamica, il bel pensiero di Leonardo, « sull'alie percosse contro all'aria far sostenere

la pesante aquila sulla suplema sottile aria vicino all'elemento del fuoco »; e se la pesante aquila può volare, perché non potrebbe volare l'uomo « con le sue congegnate e grandi ali »? Egli comincia a ideare cosí, a costruire e a calcolare i primi apparecchi e a studiare, sull'esempio dei grandi uccelli, le "congegnate ali". I disegni di vari tipi ci sono stati conservati.

In due di questi si tratta di una macchina in metallo in cui il volatore è disteso e pone il collo e la cintura in due robusti anelli: con due manubri fa alzare le ali, e col moto dei piedi le fa abbassare; oppure il volatore fissa con una cinghia la macchina alle spalle (*Atl.* 276 Rb, 302 Ra).

Il piú accurato disegno, tante e tante volte riprodotto, è quello dell'*Atl.* 302 Vb, in cui il volatore è sempre però disteso su di una tavola, e il moto di alzata e abbassata delle ali è affidato a quello alternativo dei piedi e la flessione a un tirante; una molla serviva a ridistendere l'ala automaticamente.

Altri tipi di macchine ci presentano il volatore in posizione eretta; e ideò una vera nave aerea (a cui piú tardi pensò il padre Lana), sostenuta dall'apparato di atterramento con scale di oltre 7 m con quattro

ali di m 24 e di una navicella di m 3, tutta in legno, canne e tela. Il volatore, come nelle precedenti, dava il moto colle mani e coi piedi e, secondo i calcoli di Leonardo, poteva sviluppare una forza di 600 libbre pari a 200 kg. Egli annota:

« Questo omo fa col suo capo forza per libbre 200 e colle mani fa forza per libbre 200; e quel medesimo pesa l'omo. E 'l menare dell'ali sarà in croce, simile allo andare del cavallo. Onde per questo affermo quest'esser meglio che nessuno » (*B*, 79 r).

Miracoli di ingegnosità e di fede; ma non si volava certamente!

Come per il carro automotore, Leonardo, verso il 1496, abbandonò per un momento l'idea della propulsione muscolare, per valersi di quella fornita da due molle a balestra "fondamento del moto" disegnando un nuovo apparecchio studiato da Luca Beltrami (*Atl.* 314 Rb).

Ma tornò alla propulsione muscolare negli ultimi anni del soggiorno in Milano con un nuovo tipo, che al Giacomelli sembra il piú razionale ed il piú semplice di tutti; e si conserva al volatore la posizione eretta.

« Io termino che lo stare in piè è piú utile che bocconi, perché lo strumento mai po' dare sotto sopra, e dall'altra parte l'assue-

fazione fatta dal lungo uso cosí richiede. E lo alzare e abbassare del moto nascerà dallo abbassare e alzare delle 2 gambe, e questo è di gran fortezza, e le mani rimangono libere, e se s'avessi a stare bocconi, le gambe, nelle appiccicature delle coscie, durerebbono gran fatica a sé stesse sostenere... » (*Atl.* 276 V b).

Vana speranza; ché la forza muscolare dell'uomo non è sufficiente pel sollevamento della macchina, né a creare la necessaria forza sostentatrice.

Gli studi sul volo strumentale, interrotti per gli avvenimenti milanesi della fine del 1499, sono ripresi a Fiesole, forse dopo il disastro della pittura della *Battaglia d'Anghiari.*

Ed è qui che Leonardo imposta in modo pratico il problema del volo, dopo aver osservato il volo dei grandi uccelli di rapina, che utilizzano con fine istinto le correnti aeree e si equilibrano con lenti e brevi movimenti delle ali; imposta cioè il problema del volo a vela; progettando, come si dice ora, un aliante o strumento « oprante per legge matematica » con ali di grande apertura capace di eseguire lievi moti di bilanciamento e di direzione, in cui si doveva sfruttare la destrezza e l'abilità del-

l'uomo. La maggior parte dei nuovi apparecchi si trova descritta nel *Codice sul volo degli uccelli.*

Fa in ogni modo osservazioni preziose per « fuggire al pericolo della ruina» e prescrive di fare « che il centro della sua gravità [cioè dell'aliante] sopra il centro del grave da lui portato in linea diretta e assai distante l'un centro dall'altro » (*Codice sul volo degli uccelli*, 13 v). « L'omo ne' volatili ha a stare libero dalla cintura in su per potersi bilicare, come fa la barca, acciò che 'l centro della gravità di lui e dello strumento si possa bilicare e stramutarsi, dove necessità il dimanda, alla mutazione del centro della sua resistenza » (*Ibid.*, 6 r). Il problema cosí posto è, come già fu detto, risolubile ed è stato risoluto.

Gli studi sui velivoli sono poi genialmente completati da quelli sulle ali e da apparecchi per fare misure di portanza specifica. L'ala primitivamente formata da un asse di abete cui si attaccavano dei raggi portanti la stoffa, fu sostituita da quella traforata e poi infine da quella unita, a rivestimento continuo, come quella dei pipistrelli. Leonardo, con ingegnosi espedienti meccanici, e coll'uso delle mani e dei piedi, imponeva alle ali tre movimenti: quello di alzata e

abbassata (battuta dell'ala); di flesso distensione e infine quello di rotazione.

Chiudendo questa breve rassegna assai imperfetta, e ritornando su quanto già in altro capitolo è stato detto, noi riteniamo assai improbabile che Leonardo abbia volato, malgrado la frase ambigua del Cardano « *Leonardus tentavit, sed frustra* ». Non si esclude [*tentavit*] che abbia fatto qualche saggio sul Monte Ceceri a Fiesole; ma visto che colle sue macchine non si poteva far nulla, avrà presto dismesso ogni piú audace tentativo. Se avesse tentato qualche esperimento in grande, è mai possibile che nessuna notizia ne sia restata tra i contemporanei, come ci è restata quella di altri infelici esperimenti?

Le macchine di Leonardo furono tutte ricostruite dal Giacomelli e figurarono già in varie Esposizioni, p. es. a Firenze (1929), a Chicago (1933).

Ma se queste macchine del Precursore sono ora venerandi oggetti da museo, due apparecchi ideati da Leonardo restano ancora nella scienza e nella tecnica moderna: il paracadute e l'elicottero.

Nel foglio dell'*Atl.* 381 Va (del primissimo periodo milanese) noi troviamo il primo disegno finora conosciuto di un paracadute:

non vi ha finora, nessuna ragione per negare a Leonardo la priorità di questa invenzione.

« Se un uomo à un padiglione di pannolino intasato che sia di 12 braccia per faccia e alto 12 potrà gittarsi d'ogni grande altezza senza danno di sé. »

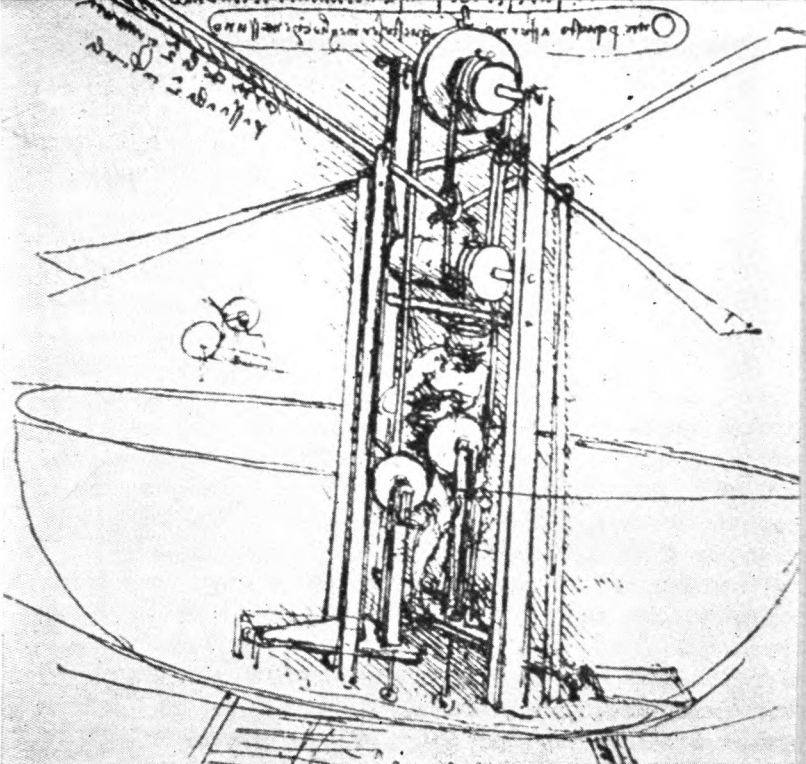
Ha dunque la forma di piramide quadrata di m 7,20 di lato e pari altezza. Non so quanto di vero vi sia nel racconto degli schiavi romani che si lasciavano cadere dal tetto di un edificio tenendo aperto un ombrello; piú positivo è il fatto che alcuni animali, come il "galeopiteco" dell'Oceano indiano, gli scoiattoli volanti della Florida, i draghi volanti, ecc. posseggono nel loro corpo un vero e proprio paracadute.

Dopo questo disegno di Leonardo, il paracadute fa di nuovo apparizione in un disegno dell'opera di un vescovo, Fausto Veranzio (nato a Sebenico nel 1551), comparsa circa il 1616, dal titolo: *Machinae novae.* Sotto al disegno è scritto: « Homo che vola. Buttarsi giú d'una torre e non farsi male ».

Leonardo, come già in precedenza fu osservato, ha completa conoscenza dell'elica e del suo impiego come organo propulsore di moto. Nel codice *B*, 83 v, Egli ci dà il disegno di quello che oggi chiamiamo "eli-

cottero", potentemente sfruttato anche di recente. Come meglio descriverlo se non colle sue parole, cosí improntate di realismo?

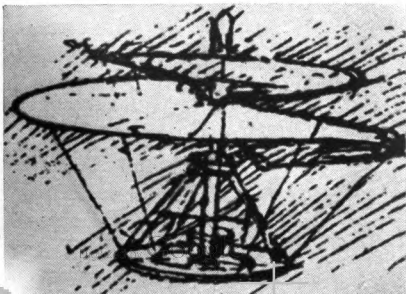
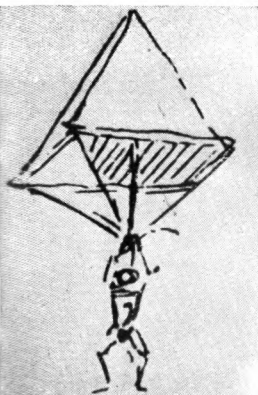
« Strumento a vite che voltato con prestezza si fa la femmina nell'aria e monterà in alto. »

Lo scienziato, l'inventore non si disgiunge mai dall'artista.

Macchina volante tipo vascello aereo (1486-90).

(Vedasi a pag. 261).

Padiglione di pannolino, o paracadute (1483-86).

Strumento fatto a vite, o elicottero (1486-90)

(Vedansi pagine 263-265)

CAPITOLO XI

LE SCIENZE NATURALI
LA STRUTTURA DELLA TERRA

Botanica artistica e botanica scientifica. Il Codice Leicester *e i suoi interpreti. La geologia. I problemi della Terra; la fisica terrestre; le carte geografiche.*

La decorazione floreale, cosí comune ai grandi pittori del Quattrocento, è ricca e meravigliosa in quasi tutti i dipinti di Leonardo. Le carte di Windsor poi sono ricchissime di stupendi disegni di fiori, piante, erbe che i botanici hanno identificato, per la stupenda esattezza della riproduzione, sicché Leonardo eccelle in quella che il De Toni chiama botanica artistica; esempio veramente unico e tipico « quel singolare intreccio di rami, di fronde e di sarghe » della Sala delle Asse del Castello Sforzesco. E che Egli osservasse tutto il mondo vegetale, raccogliesse elementi per un altro dei suoi trattati, si interessasse degli erbarii poiché nota quello di maestro Giuliano da Marliano (*Cod. Forster*, III, 37 v), studiasse le piante medicinali (i semplici), e il modo di trarre da altre piante i colori, l'indaco, il giallo, il verde; tutto ciò rigorosamente comprovato, non reca certo

meraviglia. Ma in ben altra cosa Leonardo si mostra botanico nel significato scientifico della parola, come prima di tutti lo ha fatto notare l'Uzielli. Poche osservazioni, ma altrettante scoperte che la scienza ha posteriormente confermate e ampliate. La prima, contenuta in vari appunti del ms. *G*, tanto importante pel *Trattato della Pittura*, riguarda il fenomeno della "fillotassi", cioè la disposizione delle foglie sul loro asse. I botanici considerano il "ciclo foliare" espresso dal rapporto tra il numero dei giri e il numero delle foglie che si incontrano seguendo una linea ad elica attorno al ramo e passante pei nodi delle foglie successive fino a quella nello stesso piano della foglia di partenza.

Leonardo ha avuto per primo un chiaro concetto di alcuni ordinamenti fillotassici e dei vantaggi che alla pianta poteva da essi derivarne. Tra i molti appunti che potrebbero citarsi, riferiti dal De Toni, scegliamo il seguente:

« Ha messo la natura le foglie delli ultimi rami di molte piante in modo che la sesta foglia è sopra la prima e cosí seguita se la regola non è impedita e questo ha fatto per 2 utilità d'esse piante e la prima è perché nascendo il ramo o il frutto nell'anno

seguente dalla gemmella ovvero occhio ch'è sopra in contatto dell'appiccatura della foglia, l'acqua che bagna tal ramo possa discendere a nutrire tale gemmella col fermarsi la goccia nella concavità del nascimento d'essa foglia; e il secondo giovamento è che nascendo tali rami l'anno seguente, l'uno non copra l'altro perché nascono volti a 5 aspetti li 5 rami ed il sesto nasce sopra il primo assai remoto... » (*G*, 16 v).

Osservò ancora come le foglie non si sovrappongono le une alle altre, altrimenti si farebbero ombra e non potrebbero godere di tutta l'aria e la luce di cui abbisognano, e della « rugiada che cade di notte di sopra e molte volte gli toglie li superchi calori delli razzi del sole ».

Notò la struttura a strati concentrici dei tronchi degli alberi (cerchi annuali) che permettono di dedurre l'età della pianta; e ancora la eccentricità diametrale dei fusti, le decorticazioni annuali degli alberi e i loro effetti.

Delle sue osservazioni sulla linfa ascendente per capillarità abbiamo già detto nel Cap. VIII.

Ci parla ancora del cosidetto geotropismo, ossia della proprietà degli organi vegetali

di assumere e mantenere durante l'accrescimento particolari direzioni rispetto alla verticale; geotropismo negativo, quando si dirigono verso l'alto (fusti), positivo se dirette verso il basso (radici).

Nell'*Atl.* 12 R a, è cenno di una esperienza sull'azione di sostanze tossiche sulla vita delle piante, avvelenando i frutti con una iniezione di « arsenico e risagallo sollimati e stemprati con acqua arzente ».

Egli scrive: « il sole dà spirito e vita alle piante e la terra con l'umido le nutrisce » ed a riprova, allevò (forse nella vigna a Porta Vercellina) fuori del terreno una zucca « e quella tenevo nutrita coll'acqua, e tale zucca condusse a perfezione tutti li frutti ch'ella poté generare, le quali furono circa 50 di quelle lunghe ».

Applicò ancora pel primo quel metodo detto poi fisiotipico, riproducendo la forma delle foglie, ricalcandole su carta affumicata, dopo averle unte di olio.

E infine del suo amore per le infinite bellezze del mondo vegetale ci ha pur lasciato memorabili esempi nelle sue favole, facezie e profezie, come a suo luogo diremo.

Le vicende della vita, i suoi lavori di ingegneria, di idraulica, di arte militare

hanno costretto Leonardo a lunghe peregrinazioni, soprattutto in Toscana, in Alta Italia e di cui ci ha lasciato memoria nei suoi scritti e negli schizzi e nelle carte geografiche; viaggi ed escursioni nella vallata dell'Arno, nei monti della Vernia, nei laghi lombardi, nelle Alpi e fino una ascensione al Rosa, chiamato Monbaso. E dovunque si è interessato, chiedendo informazioni ad amici e corrispondenti, dei grandi fenomeni naturali, che ha descritto e di cui ha indagato le cause, spingendosi per primo nella storia delle età passate, nella geologia; scrutando tutti i problemi della Terra. E in tutto ciò Leonardo non ha avuto un punto di partenza sicuro; non ha avuto il suo Giordano Nemorario, ha dovuto procedere da solo e quasi sempre ha veduto e indagato rettamente, giungendo ancor qui a risultati cui i successori non giunsero che due o tre secoli piú tardi. Poco o nulla Egli poteva trarre dagli antichi e in prima linea dal vecchio Plinio, dalla *Composizione del Mondo* di Fra' Ristoro d'Arezzo (1282), dall'*Acerba* (1516) dello sventurato Cecco d'Ascoli; anzi Egli non esitò a porsi contro dogmi ed idee erronee dominanti nella scienza. Nella geologia, ben ha detto il De Lorenzo, piú che in qualunque altra scienza, si può

seguire ed ammirare la sagacia dell'osservazione, la rigorosità dell'induzione e la profondità del genio di Leonardo.

Tutte le osservazioni da lui fatte, sparse qua e là nei suoi mss., sono principalmente raccolte nel *Cod. Leicester* del periodo 1504-1506. È merito sommo di G. Calvi di averne curata la stampa con le esattissime trascrizioni; di Mario Baratta e G. De Lorenzo di essere stati interpetri dottissimi ed espositori meravigliosi delle scoperte vinciane, con grande erudizione messe a confronto colle idee dei predecessori e colle piú recenti scoperte e vedute scientifiche.

E colla scorta di guide cosí preziose cercheremo esporre questo altro meraviglioso capitolo della enciclopedia vinciana.

Il passato e il divenire della Terra è lo scopo delle meditazioni di Leonardo; e in questa visione il primo posto è nella giusta interpretazione dei fossili. E Leonardo comincia col rettificare le idee sul diluvio universale, strettamente connesse con quelle dei fossili, dai piú ritenuti, anche dopo Leonardo, giuochi di natura dovuti a particolari proprietà del suolo. Tra i tanti pensieri scegliamo, per amor di brevità, il seguente che dà pure un'idea dello stile leggermente sarcastico di Leonardo.

« Del diluvio e de' nichi marini. Se tu dirai che li nichi, che per li confini d'Italia, lontano da li mari, in tanta altezza si reggano alli nostri tempi, sia stato per causa del diluvio, che lí li lasciò; io ti rispondo che, credendo tu che tal diluvio superassi il piú alto monte 7 cubiti, come scrisse chi 'l misurò, tali nichi, che sempre stanno vicini a' liti del mare, dovevano restare sopra tali montagne, e non sí poco sopra le radici de' monti, per tutto a una medesima altezza, a suoli a suoli. E se tu dirai che, essendo tali nichi vaghi di stare vicini alli liti marini, e che, crescendo l'acqua in tanta altezza, che li nichi si partirono da esso lor primo sito, e seguitarono l'accrescimento delle acque insino alla lor somma altezza; qui si risponde, ch'essendo il nichio animale di non piú veloce moto che si sia la lumaca fuor dell'acqua, e qualche cosa piú tardo, perché non nota, anzi si fa un solco per la rena, mediante i lati di tal solco ove s'appoggia, camminerà il dí dalle 3 alle 4 braccia; adunque, questo, con tale moto, non sarà camminato dal mare Adriano insino in Monferrato di Lombardia, che v'è 250 miglia di distanza, in 40 giorni, come disse chi tenne conto d'esso tempo. E se tu dí che l'onde ve li portarono, essi, per

la loro gravezza, non si reggano se non sopra il suo fondo; e se questo non mi cedi, confessami almeno ch'elli avevano a rimanere nelle cime de' piú alti monti, e ne' laghi, che infra li monti si serrano, come il lago di Lario, e 'l Maggiore, e di Como, e di Fiesole [?], e di Perugia e simili » (*Cod. Leicester*, 8 v).

Seguita la serrata e limpida critica, riboccante ancora di acute osservazioni e accenna ad escursioni da lui fatte in Toscana. Balzano fuori da molti altri passaggi, la vera natura dei fossili e la loro importanza, le copiose osservazioni di biologia marina, ossia la conclusione netta della impossibilità del diluvio universale, la origine organica dei fossili e la loro funzione nella storia del nostro pianeta.

Abbiamo ricordato come Egli cercasse i fossili a M.^{te} Mario; un altro suo appunto dice:

« Vedesi nelle montagne di Parma e Piacenzia le moltitudine de' nicchi e coralli intarlati, ancora appiccati alli sassi; de' quali, quand'io facevo il gran cavallo di Milano, me ne fu portato un gran sacco nella mia fabbrica da certi villani, che in tal loco furon trovati; fra li quali ve n'era

assai delli conservati nella prima bontà » (*Cod. Leicester*, 9v).

E nota i fossili di Alessandria della Paglia, dei monti della Vernia e fino il ritrovamento, vicino ad Alessandria, di un navilio fossile.

Non avendo potuto osservare che terreni prevalentemente terziari, Leonardo riscontrò nei fossili avanzi delle specie viventi. La gloria di aver riscontrato nei fossili di età geologiche piú antiche, specie di piante e di animali estinti e scomparsi dalla superficie terrestre, era riserbata a Bernardo Palissy, piú di sessanta anni dopo la morte di Leonardo. Ma il primato degli studi geologici spetta agli Italiani, come propugnò lo Stoppani; ed a Leonardo, come geologo e paleontologo, spetta la incontrastata gloria di aver posto la prima pietra miliare di questo grandioso edifizio.

Per quanto riguarda la formazione delle montagne (orogenesi) è mancato a Leonardo il concetto delle possenti forze orogenetiche, forse perché, osserva il Baratta, Egli poté fare le sue osservazioni su terreni di origine sedimentaria recente, stratificati in modo uniforme e poco accentuati e per aver dato soverchia importanza alle forze idriche. Egli ha detto che « l'acqua è il vetturale

della natura ». Tuttavia è perfetta la osservazione stratigrafica, chiaramente esposta nell'*Arundel* 138 r, affermandosi che « ogni parte della profondità che à la terra per alquanto spazio, è facta a suoli e ogni suolo è composto di parti piú grave e piú lievi l'una che l'altra »; osservando la inclinazione degli strati dice: « in ogni concavità delle cime de' monti sempre si troveranno li piegamenti delle falde delle pietre » (*Arundel* 30 v).

Ma, come si è detto, la causa della formazione delle montagne gli sfugge e solo Cardano nel *De subtilitate* ebbe la intuizione che il sollevamento fosse dovuto a cause vulcaniche ed anche idriche.

Ciò che si è detto per i suoi studi di meccanica, anche qui si può ripetere che non vi ha problema di quella che noi ora chiamiamo fisica terrestre cui Leonardo non abbia considerato.

Egli si occupa del livello dei mari. « Prova che la spera dell'acqua è perfettamente tonda » (*F*, 82 v); e le sue conoscenze sulla teoria dei vasi comunicanti, lo conducono ad affermare il comune livello dei mari e quindi che, contrariamente alla scienza dei suoi tempi « la superficie del Mar Rosso è in livello coll'Oceano » (*Atl.* 321 V) e che

« il Mar Caspio colli fiumi che in lui versano, sempre versa per cave sotterranee in esso mar di Ponto » (*Leic.*, 31 v).

In una sua ascensione alpina nota il diminuire della neve ad una certa altezza dove invece cade grandine. « E questo vedrà come vid'io, chi andrà sopra Monboso, giogo dell'Alpi che dividono la Francia dall'Italia, la quale montagna à la sua base che partorisce li 4 fiumi che rigan per 4 aspetti contrari tutta l'Europa; e nessuna montagnia à la sua base in simile altezza; questa si leva in tanta altezza che quasi passa tutti li nuvoli e rare volte vi cade neve, ma sol grandine d'istate quando li nuvoli sono alla maggiore altezza » (*Leic.*, 4 v). E fa ancora osservazioni sull'azzurro del cielo: « E se tu guardi inverso l'orizzonte del celo, tu vedrai l'aria non essere azzurra, e questo nascie per la sua grossezza; e cosí in ogni grado che tu alzi l'ochio sopra esso orizzonte insino al celo che ti sta di sopra, tu troverai l'aria farsi piú oscura, e questo è che men somma d'aria s'interpone infra l'occhio tuo e esse tenebre » (*F*, 18 r).

Sorvolando sul vecchio concetto di paragonare la Terra ad un organismo vivente, in cui la carne è la terra, le ossa sono li ordini delle collegazioni de' sassi costituenti

le montagne, le vene d'acqua il sangue, l'oceano il lago di sangue che sta intorno al cuore, il flusso e reflusso del mare il suo alitare e il fuoco che è infuso nella Terra la sua anima, Egli si occupa dell'atmosfera, dei venti, della formazione dei nuvoli, delle acque termali, di tutta l'azione degradante dell'acqua e della interna circolazione di esse acque.

Nell'*Atl.* 214 R e, è notata la intermittenza della cascata di Fiumelatte (lago di Como) e della fonte Pliniana.

L'esame dell'origine delle sorgenti, prima attribuita al mare, ipotesi che presto abbandona e combatte, è fatta pure, ma qui pare che infine si sia avvicinato alla giusta teoria della penetrazione delle acque pluviali.

Non gli sono certo ignote le correnti marine, ma poi per le maree Egli nega che la loro causa sia da ricercarsi nell'azione lunisolare. Errore cui non è sfuggito nemmeno Galileo; e ancor piú vaghe sono le sue idee sui vulcani e sui terremoti.

Però afferma stupendamente la variabilità della distribuzione delle terre e dei mari col variare e il succedersi dei secoli.

Leonardo, con rigore di logica, dopo aver notato che gli strati dei monti, debbono es-

sere stati fondi di mare, aveva escogitato, per la spiegazione, i mezzi geodinamici esterni agenti per immensi periodi di tempo.

E qui, dice De Lorenzo:

« Egli volle applicare tali principii all'esame del passato ed alla visione del futuro della superficie della terra e tratteggiò di parti di questa, specialmente del bacino del Mediterraneo e delle regioni adiacenti, quadri geologici forse non corrispondenti al vero, ma dedotti con rigore di logica dai suoi principii e stupefacenti per la loro grandiosità di visione. »

Chiara è la sua concezione del diminuire dell'acqua sulla terra e sulla sua fine.

« Rimaso lo elemento dell'acqua rinchiuso infra le cresciute argini de' fiumi e rive del mare, infra l'acresciuta terra converrà che en la circundatrice aria, avendo a fasciare e circoscrivere la moltiplicata machina della terra, che la sua grossezza che stava fra l'acqua e lo elemento del fuoco rimanga molto ristretta e privata della bisognosa acqua. »

Dopo aver descritto vivacemente tutte le catastrofiche conseguenze della perdita d'acqua e l'azione del fuoco che la brucerà, cosí conclude:

« Allora la sua superfice rimarrà in riarsa

cienere, e questo fia il termine della terrestre natura » (*Arundel*, 155 v).

Numerosissime sono le annotazioni di Leonardo di pura geografia descrittiva soprattutto nell'*Atl.* e qui è opportuno parlare anche di un'altra forma dell'attività di Leonardo piú aderente alla sua abilità di eccelso disegnatore: le sue carte geografiche. Della carta topografica di Imola, già abbiamo detto. Sulle altre noi abbiamo gli studi del compianto Mario Baratta, e che verranno pubblicati, cosí ci auguriamo, dalla R. Commissione Vinciana. I saggi dell'opera del dotto vinciano, già stampati, danno un'idea di tutta l'importanza della sua opera.

La cartografia fu sempre in Italia in grandissimo onore e sono meritamente celebri i portolani italiani dei secoli XIII e XIV in proiezione piana, con indicazione scritta di scogli, coste, correnti; la famosa carta del genovese Pietro Vesconte del 1318. La prima carta, ora al British Museum, in cui figuravano le nuove terre scoperte da Colombo, in coordinazione assiale con il vecchio continente, per quanto grossolana per la inesattezza delle coordinate geografiche, è dovuta a un italiano, Gian Matteo Contarini, stampata nel 1506 dal fiorentino Francesco Ro-

selli e precede quelle del Waldseemüller (1507) e del Rysch (1508). Ebbero fama di cartografi insigni il Toscanelli, Pietro del Massaio e il Berlingieri che faceva stampare da Nicolò Tedesco la *Novella Italia* nel 1481-1482. Ingegnere civile, come diremmo noi, e militare, per scopi di opere di bonifica, di canalizzazione o per scopi bellici, Egli ha schizzato i luoghi da lui visitati, fatti certamente dei rilievi, tracciate delle carte topografiche o di grandi regioni con una precisione di contorni, con rilievi orografici che destano meraviglia. Ed in un ms. annota: « scorta in sulle sommità e in su' lati de' colli le figure de' terreni e sue divisioni e nelle cose volte a te falle in propria forma ».

Cosí Egli disegna (*Atl.* 110 R a) una grande carta fisica della Toscana, in cui le città sono, come nelle vecchie stampe, indicate con le mura merlate, ma le varie gradazioni di tinta con cui ritrae le valli, i fiumi e i monti, danno alla carta l'aspetto di un plastico meravigliosamente disegnato e chiaroscurato. Egli nota anche le distanze tra i centri abitati, in ore di cammino; ma, date le continue trasformazioni non è agevole, dice Baratta, procedere a riscontri con lo stato presente. Lo stesso dicasi per la carta della Val di Chiana, regione malsana e pa-

ludosa e che studiò per bonificarla; e per quella delle Paludi Pontine tracciata, come si disse, in Roma per desiderio del M.co Giuliano; della Toscana centrale e marittima conservate a Windsor; le carte per la canalizzazione e deviazione dell'Arno; e quella tra il Lario e Milano, attraverso i numerosi laghetti di quella regione; e per il canale di Romorantin in Amboise, conservataci in vari appunti dell'*Atl.* e piú specialmente in *Arundel* 269 v.

Traccia schizzi per la pianta di Milano e i suoi sobborghi, di Firenze, dell'Arno (*Arundel* 273 v, 275 v); quella del Porto di Civitavecchia di cui pure dicemmo, e fino due schizzi del piccolo podere a lui lasciato dallo zio Francesco e causa del litigio coi suoi fratelli.

Una carta trovata tra gli scritti di Leonardo, ora a Windsor, ma non compresa nella pubblicazione del Clarke, rappresenta otto settori (sono triangoli a lati curvilinei) che porgono una prima grossolana immagine delle terre scoperte nel nuovo continente e su cui si legge il nome di America. Si ritiene che il lavoro potrebbe essere stato fatto verso il 1515. M.r Carusi, profondo conoscitore della scrittura vinciana, è convinto che la scrittura non è di Leonardo;

ed è poi evidentemente da escludere che quegli otto triangoli possano adattarsi su di una sfera per formare un piccolo mappamondo. Leonardo, osserva il Baratta, non era capace di trascurare cosí grossolanamente particolari tecnici di tale natura pratica. Quanto poi all'assimilazione della figura di uno di quei triangoli a lati circolari con altra dell'*Atl.* relativa alle lunule, prima di tutto è inesatta e stiracchiata e non costituisce in ogni modo un elemento decisivo probatorio. Di guisa che, malgrado che recentemente il signor R. Uhden, al Congresso internazionale di Geografia di Amsterdam (1938), sia tornato ad affermare l'autenticità della carta di Leonardo, sussistono i piú gravi dubbi su tale autenticità.

Notissimo è che Leonardo possedeva un mappamondo.

Nell'*Arundel* 191 r, in un elenco di libri e di oggetti nota: « Mapamondo de' Benci » e nell'*Atl.* 120 scrive: « el mio mapamondo che à Giovanni Benci »; e tutto ciò che si può leggere in vari punti dello stesso codice mostra il suo grande amore per lo studío della geografia.

CAPITOLO XII

LE SCIENZE BIOLOGICHE
LA STRUTTURA DELL'UOMO

Gli studi anatomici in Italia prima di Leonardo. Le tavole iconografiche di anatomia e la fisiologia. La fonetica biologica.

NEL frontespizio della traduzione italiana che Sebastiano M. Romano pubblicò nel 1493 della *Anatomia* di Mondino de' Luzzi, una incisione mostra una lezione pratica sul cadavere. Il professore è in cattedra e spiega; l'operatore opera su di un rozzo tavolo, circondato da sei persone, amatori, studenti e forse anche artisti che vogliono apprendere quanto è necessario per la loro arte.

E naturalmente avrà fatto cosí anche Leonardo fin dal suo primo soggiorno in Firenze presso l'Ospedale di S.ta Maria Nuova; e sarà stato subito attratto dai nuovi e gravi problemi che presenta la struttura dell'uomo, ben piú difficili di quelli della struttura della Terra. Il costume di affidare la dissezione a persone addette all'ospedale e pratiche del mestiere, ha fatto affermare che Leonardo fosse sempre rimasto semplice spettatore, e non avesse mai proceduto ad una dissezione; ma quanto

Egli ci dice a proposito del centenario di cui parlammo e dei trenta corpi di cui ha fatto notomia, distrugge la troppo facile critica; senza dire che uno sperimentatore come Leonardo non era capace di restare passivo davanti a tanti misteri, che ha saputo stupendamente ritrarre con la sua « ineffabile senestra mano ».

Ha studiato l'anatomia a Firenze, a Milano, come già fu detto, a Roma presso l'Ospedale di S.to Spirito, fino a quando non gli fu interdetta ogni attività da Leone X, per le male arti di Giovanni degli Specchi. Delle sue scoperte, di tutto quanto aveva osservato e controllato si proponeva di scrivere un gran trattato di 120 capitoli. Ma, come al solito, se pur fu iniziato, non fu certamente compiuto e non ne resta nulla in ciò che di lui ci è pervenuto, all'infuori dei meravigliosi disegni corredati di note; ed anco questi non sono i soli che abbia redatto. Il maggior numero si trova al Castello di Windsor; pochi altri fogli a Venezia e in altre biblioteche. Dal 1898 al 1901 il Sabachnikoff pubblicò, con le trascrizioni del Piumati, alcuni disegni dell'*Anatomia*: fogli *A* e fogli *B*, ma poi si arrestò, ed a questa pubblicazione fe' seguito quella completa di quattro dotti norvegesi dal titolo

Quaderni di Anatomia (1911-1916) con traduzione tedesca ed inglese, in sei superbi volumi; un imponente complesso di 119 fogli che contengono gli studi di Leonardo sulla respirazione, cuore, visceri addominali, organi della generazione, embrione, sangue, fonetica, vasi, muscoli, cervello, nervi; anatomia topografica e comparata.

Basta questo solo elenco a dare una pallida idea, anche tenuto conto dello stato della scienza dei suoi tempi, dell'opera vinciana; sebbene manchino osservazioni e disegni, forse dispersi, sul pancreas, le glandole salivari, l'orecchio, ecc. Lo studio dell'anatomia e fisiologia di Leonardo ha provocato una ricca messe di lavori in questi ultimi anni, da parte degli studiosi di tutto il mondo; indice sicuro della importanza di tali ricerche che sono la splendida aurora del rinnovamento degli studi dell'uomo, dopo la lunga notte medioevale succeduta all'opera di Galeno.

Anche in questo campo l'Italia vanta gli studi di Filippo Bottazzi, di Giuseppe Favaro e di Guglielmo Bilancioni, ai quali largamente attingiamo.

Ci domandiamo anche qui, come sempre, di quali fonti ha potuto usufruire, quale era lo stato della scienza ai suoi tempi,

quali risultati, quali progressi ha Egli conseguito?

È ben noto che lo studio vero dell'anatomia comincia con Galeno, il celebre medico di Pergamo del secondo secolo dell'èra volgare, che peraltro non fece che dissezionare solo animali, soprattutto cani e scimmie, e la cui opera venne sfruttata dagli arabi e dai commentatori di Aristotele, in particolare da Avicenna. Ma solo nella seconda metà del secolo XI un dotto, rifugiato a Monte Cassino, Costantino Africano, fe' conoscere agli occidentali le opere di Galeno, tali l'*Ars parva*, e gli *Aforismi* di Ippocrate; fondamentali nelle lezioni universitarie e prima di tutte nella scuola bolognese ai primi del 1300 e a cui piú o meno si informarono i numerosi trattati di anatomia medioevali, raccolti e pubblicati nel 1927 da G. W. Corner.

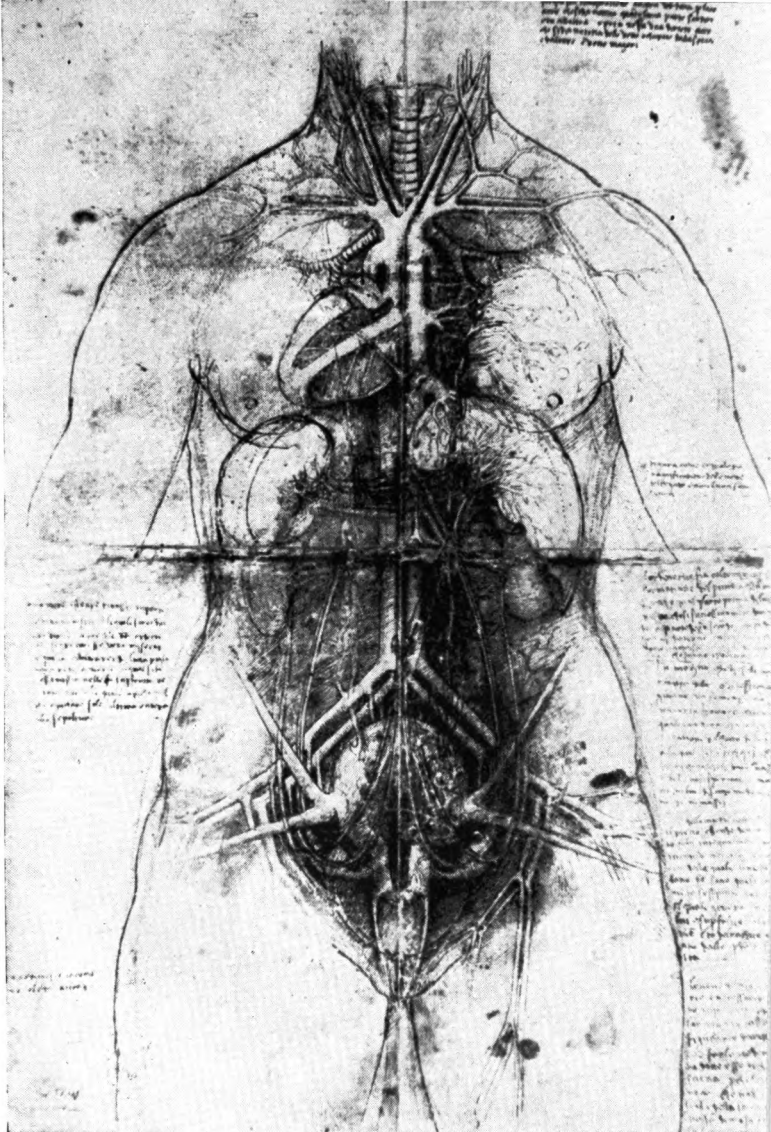
Rarissimi i casi di autopsie umane di cui si poté avere certa conferma, nel primo medio evo; ma poi vennero, dalla seconda metà del secolo XIV, generalmente praticate e naturalmente divennero piú rapidi i progressi circa la conoscenza del corpo umano. A Venezia dovevano eseguirsi una volta l'anno all'Ospedale dei SS. Pietro e Paolo (1368), cosí a Bologna e a mano a mano

in tutte le altre nostre gloriose università e poi infine (è bene notarlo) a Pavia al principio del secolo XVI da Marc'Antonio della Torre.

In tutto il tardo medio evo fu celebre l'*Anathomia* di Mondino de' Luzzi, professore a Bologna, composta nel 1316 e che ebbe immensa divulgazione; fu pubblicata a Pavia e Bologna nel 1478 e piú volte successivamente, inclusa poi nel *Fasciculus Medicinae* di Ketham stampato a Venezia nel 1495. Essa fu ben nota a Leonardo che la nomina tre volte nei suoi manoscritti; come pure l'*Anatomia* del suo contemporaneo Alessandro Benedetti, professore a Padova, e nominato da Leonardo (*F*, copertina).

Egidio Colonna, o Egidio Romano (seconda metà del secolo XIII), è pure citato da Leonardo per un suo celebre trattato sulla *De formatione corporis humani in utero matris*, stampato a Parigi nel 1515, in cui il dotto prelato romano, eremitano di S. Agostino, espone e combatte le teorie di Galeno, e quelle di Avicenna. E citazioni varie di Leonardo direttamente si riferiscono ad Aristotele e a Galeno; da cui quindi risulta che Egli era piú o meno bene, piú o meno direttamente informato di quanto si conosceva ed era stato esposto dai piú famosi trattati-

sti. Quanto poi alle rappresentazioni grafiche, basta gettare uno sguardo su quelle che anche di pochi anni precedono i disegni leonardiani, e che trovansi riprodotte in un bel libro di J. Playfair McMurric (1930), — e ve ne sono di quelle datate del 1412, 1491, 1497, 1499, 1501, 1508, e anche assai piú antiche, — per vedere a colpo d'occhio quale abisso le separi da quelle di Leonardo.

È probabile che gli studi di Leonardo siano stati iniziati il 2 aprile 1489, perché a questa data (Fogli *B*, 42) scrive: « De figura humana » e nei *Quaderni* I, 2, parla dell'« Ordine del libro » che Egli dividerà in tante parti ad imitazione delle quindici figure in cui Tolomeo ha divisa la sua *Cosmografia.* E deve aver presto acquistato la tecnica necessaria per eseguire le dissezioni i cui risultati poi doveva rapidamente disegnare, non avendo, come tutti i suoi contemporanei, il mezzo di ritardare la putrefazione; e certo si valeva anche di iniezioni. I suoi istrumenti sono quelli dell'epoca: coltelli, seghe, scalpelli e trapani; ma non è improbabile che la sua grande ingegnosità meccanica vi abbia apportato adattamenti e felici modificazioni. Per quanto, finalmente, riguarda il metodo seguito, che può

Riproduzione parziale di un tronco di corpo femminile con gli organi interni veduti per trasparenza dal lato anteriore

chiaramente dedursi dai suoi *Quaderni*, esso viene cosí riassunto dal Favaro.

Per gli arti, asportava la cute, il tessuto sottocutaneo e la fascia comune e cosí poneva in evidenza gli organi sottostanti; oppure apriva le grandi cavità del corpo per esaminare gli organi interni nella loro grandezza normale e nei loro rapporti; e gli organi stessi venivano aperti pel loro studio interno. Usava sezionare la testa normalmente; esaminava gli arti inferiori con la progressiva scarnificazione o con la macerazione naturale ed artificiale "in acqua di calcina"; per lo studio dei muscoli aveva proposto di sostituirli nello scheletro con opportuni fili di rame; e per riprodurre l'esatta forma degli organi cavi, inventò il metodo di iniettarvi delle masse solidificabili, cera fusa, per ritrarre in cera la forma vera, metodo che applicò per la forma dei ventricoli encefalici e delle valvole atrioventricolari; inventò pure una forma di vetro per mostrare il comportamento del sangue nella chiusura delle valvole; e per lo studio dell'occhio proponeva la bollitura in chiaro d'uovo, che gli permetteva di eseguire delle sezioni sulla massa coagulata; come, del resto, si fa oggi nella tecnica microscopica.

Leonardo è il primo ad aver posto l'ana-

tomia in relazione con la fisiologia e talvolta averla integrata con l'embriologia e l'anatomia comparata; il primo che da artista, da filosofo e da scienziato ha posto l'uomo, gli animali e tutte le piante in armonia reciproca con le leggi della natura e che fa di lui, come ben ha detto uno dei dotti norvegesi editori dei *Quaderni di anatomia*, il divinatore della scienza moderna, il creatore del metodo scientifico nell'anatomia. Non solo infatti Egli descrive l'organo, ma ne vuole indagare « l'uso, l'ufficio, il giovamento ».

Superbi ed esattissimi i suoi disegni dello scheletro, della mano in relazione a quella di altri mammiferi, cavallo, scimmie e orso. Egli riconobbe fisiologicamente le leggi generali della meccanica muscolare, precedendo A. Borelli.

Ha, secondo alcuni, il vanto di aver figurato nella sua vera posizione obliqua il bacino e data la prima forma esatta del torace.

I disegni e gli schemi sull'anatomia e fisiologia del cuore, ottenuti dallo studio fatto sui grossi mammiferi (bue), sono numerosissimi e preziosi. Scoprí nelle cavità cardiache la presenza dell'endocardio, le corde tendinee, le trabecole intraventricolari; il fascio moderatore del ventricolo destro, che

da lui oggi s'intitola; e studiò con particolare diligenza le valvole cardiache, atrioventricolari e semilunari; quelle venose e arteriose nel cuore sinistro e destro, sfruttando le sue cognizioni di idraulica e il modo di comportarsi della corrente sanguigna nel passare dal cuore all'aorta. Non sempre i risultati dell'indagine sono esatti, ma in complesso recano sempre un contributo di primissimo ordine. Conobbe Egli la circolazione del sangue? Fisiologi e anatomici restano dubbiosi; ma i piú si accordano nel ritenere che se intorno alla grande circolazione ha avuto qualche intuito, qualche idea non sempre chiara, gli è rimasto ignoto il meccanismo della piccola circolazione. Non era facile in questo campo procedere ad esperienze dirette sull'animale vivente; tuttavia è celebre l'esperimento o l'osservazione da lui fatta in Toscana delle ritmiche oscillazioni dello spillo da botte infisso dai macellatori, attraverso alla parete toracica, nel cuore dei maiali.

La meccanica e gli organi della respirazione hanno pure formato oggetto di acuti studi di Bottazzi, il quale dopo aver osservato che nel campo della fisiologia la sperimentazione era consentita a Leonardo assai meno che in anatomia, soggiunge che pur

tenendo conto di errori in cui cadde, resta acquisito che Egli recò importanti contributi alla fisiologia della meccanica respiratoria; infatti Egli ben distinse l'aria respiratoria dall'aria residua; definí esattamente la consistenza del polmone, conobbe la pleura, e gli effetti passivi, dilatazione e contrazione dei polmoni, causati dall'azione dei muscoli toracici, distinguendo gli intrinseci dagli estrinseci. Alcuni di questi ultimi fissano la costa superiore, altri dilatano il torace, altri lo innalzano nel suo tutto insieme; e di quelli, per primo, dichiarò che gli intercostali interni sono espiratori, gli esterni inspiratori.

Il Bottazzi conclude affermando che per comprendere tutta l'importanza di tali contributi, basti dire che, tradotti in termini moderni, potrebbero essere riprodotti integralmente in un trattato di fisiologia.

Leonardo ebbe la opportunità di dissezionare una donna gravida e poté cosí per la prima volta mettere in evidenza la posizione normale del feto in uno dei piú noti ed impressionanti disegni dei *Quaderni*, III, 8.

È a lui dovuta la scoperta delle tube uterine, di cui l'anatomista italiano Gabriele Falloppio rivelò, nel secolo successivo, la

grande importanza: quella della tubercola sottomarginale.

Egli è del pari da riguardarsi come il fondatore della anatomia del cervello o "cielabro" e del suo metodo di studio si è già detto. Da tale "sedia dell'anima" traggono origine i nervi; studia le meningi, il midollo spinale.

Tenta anche qua e là, ma non sempre, né completamente né correttamente lo studio degli organi dei sensi.

Leonardo (lo abbiamo già notato) aveva scritto un trattato, *De vocie*, che è andato perduto: ma dai *Quaderni* si possono dedurre tutti i suoi studi sugli organi della voce: la trachea, l'epigloto o laringe e disegna anche la tiroide. Bellissime le sue osservazioni sulla formazione delle vocali che piú sotto riportiamo.

Insomma pochi organi sono sfuggiti alla sua penetrante acuta osservazione, come le ghiandole salivari e surrenali, il pancreas, il timo, la prostata, l'orecchio medio ed interno; ma chi sa che essi non si trovavano nei fogli dispersi?

Infine numerosi appunti riguardano le proporzioni del corpo umano e Leonardo costituisce il suo Canone esatto nel suo

insieme, ricco di dati in un tutto organico ed originale.

Il Favaro infine osserva che un'importanza tutta speciale deve attribuirsi ad alcune figure anatomiche, frutto della stretta collaborazione dello scienziato e dell'artista, tanto da potersi dire che nessuna figura anatomica moderna valga a superarle per eleganza e per esattezza.

Le tavole anatomiche furono ben note al Cardano che le ammirò dal lato artistico e ne fa cenno nel *De Subtilitate*, ma abbagliato dall'opera di Andrea Vesalio da Bruxelles (1514-1564), *De corporis humani fabrica* (1543), professore a Padova, non comprese la importanza dell'opera anatomica di Leonardo. In altro punto delle sue opere Cardano dice chiaramente di aver visto le tavole iconografiche di Leonardo belle e degne di sí celebre artefice; ma di poco valore, perché Egli era un puro pittore, non medico né filosofo.

Sapeva forse Cardano, medico e matematico, la poca simpatia che Leonardo aveva pei medici?

Ma senza nulla togliere al grande merito del Vesalio, la cui opera ebbe per le stampe rinomanza e diffusione immensa, mentre quella di Leonardo restò quasi ignorata sino

ai nostri giorni, è stato pur osservato che nella rappresentazione grafica dell'interno del cervello Egli superò il Vesalio.

Ed infine seguendo il nostro costante metodo fin qui seguito, diamo alcuni squarci della prosa scientifica di Leonardo: il primo riguarda la descrizione del cuore.

« Il core ha quattro ventriculi, cioè due inferiori nella sustanzia del core e due superiori for della sustanzia del core e di questi n'è due destri e due sinistri, e li destri sono assai maggiori delli sinistri; e li superiori son separati da certi uscioli (over porte del core) dalli ventriculi inferiori; e li ventriculi inferiori sono separati da un parete poroso, per il quale penetra il sangue del ventriculo destro nel ventriculo sinistro; e quando esso destro ventriculo inferiore si serra el sinistro superiore s'apre e tira a sé il sangue che il destro gli porge, e li ventriculi superiori fanno al continuo frusso e rifrusso col sangue che al continuo è tirato o sospinto per li ventriculi inferiori dalli superiori; e perché essi ventriculi superiori son piú atti a cacciare di sé il sangue, che li dilata, che a tirarlo a sé, natura ha fatto che per il serrare delli ventriculi inferiori (li quali per sé medesimi si serrano), che il

sangue che di loro si fugge sia quello che dilata li ventriculi superiori li quali, per essere lor composti di muscoli e pannicolo carnoso, sono atti a dilatarsi e ricevere quanto sangue in loro è sospinto, ed etiam atti con potenti muscoli a ristrignersi con impeto e cacciare il sangue di sé nelli ventriculi inferiori, delli quali, quando l'un s'apre e l'altro si serra, e il simile fanno li ventriculi superiori in modo tale che, quando il ventriculo destro inferiore si dilata, il sinistro superiore si costrigne, e quando il sinistro ventriculo inferiore s'apre, il destro superiore si serra, e cosí con tale frusso e refrusso, fatto con gran celerità, il sangue si riscalda e si assottiglia e fassi di tanta caldezza che, se non fussi il mantice detto polmone, il quale tira l'aria fresca nel suo dilatarsi, e le prieme e tocca le veste delle ramificazioni delle vene e le rinfresca, esso sangue verrebbe in tanta caldezza che soffocherebbe il core e lo priverebbe di vita » (*Quad. di anat.*, I, 3 r).

L'altro squarcio riguarda le osservazioni sugli organi fonetici periferici, sui muscoli facciali e delle labbra e della lingua e sull'ufficio di questa nella pronuncia.

« Li muscoli che movan li labbri della

bocca, son piú numerosi nell'omo che in alcun altro animale, e questo ordine necessita in lui per le molte operazioni nelle quali al continuo esse labbra s'esercitano, come nelle quattro lettere dell'alfabeto, *b*, *f*, *m*, *p*, come nel fischiare, nel ridere, nel piangere e simili; poi nelli storcimenti strani, li quali usano li buffoni nel contraffare li volti » (*Fogli B*, 29 r).

« Adoprasi la lingua nella pronunziazione e articolazione delle sillabe componitrici di tutti i vocaboli; ancora s'esercita essa lingua nella necessaria revoluzione del masticato cibo e nel nettare di quello la intrinseca parte della bocca, insieme colli denti. E li principali sua moti sono 7, cioè: astenzione e restrizione e attrazione, ingrossazione, raccortare, dilatarsi, e assottigliarsi; e di questi 7 moti ve n'è tre composti, perché non se ne può gienerare uno che non se ne gieneri un altro, a quel primo congiunto per necessità, e questo è il primo col secondo, ch'è di sé astendere e restringere, perché tu non puoi distendere una materia astensibile che quella non si ristringa e assottigli per tutti li sua lati; è simile accade al 3° e 4° moto contrari alli due primi, cioè ingrossare e raccortare essa lingua; seguita

il 5° e il 6° moto, che ne fanno il terzo moto composto di tre moti, cioè dilatare, assottigliare e raccortare » (*Quad. ant.*, IV, 10 r).

L'ufficio del velo pendolo, le modificazioni della cavità orale nel pronunciare le vocali, sono un anticipo della dottrina moderna del linguaggio fonetico articolato.

« Il pannicolo interposto infra 'l transito che fa l'aria, quando per il naso e quando per la bocca, e' sol quello che l'omo adopra a pronunziare la lettera *a*; e faccia la lingua e le labbra ciò che far si po', mai impedirà che l'aria, che spira dalla trachea, non pronunzi *a* in essa concavità.

« Ancora lo *u* nel medesimo loco si forma collo aiuto delli labbri, li quali si stringono, e alquanto si gittano in fuori, e quanto piú tali labbri si gittano in fuori, meglio per loro si pronunzia la lettera *u*; vero è che l'epiglotto s'inalza alquanto in verso il palato; e se non faciesse cosí, lo *u* si convertirebbe in *o*.

« E se quando *a*, *o*, *u* si pronunziano con intellegibile e spedita pronunzia, egli è necessario che nella continua lor pronunziazione, sanza intermissione di tempo, che l'apertura de' labbri si vadia al continuo restrignendo, cioè larghi nel dire *a*, piú

stretti nel dire *o*, e assai piú stretti nel pronunziare *u*.

« Provasi come tutte le vocali son pronunziate colla parte ultima del palato mobile, il quale copre l'epiglotto, e ancora tal pronunziazione vien dalla situazione delle labbra, colle quali si dà transito al vento che spira, che con seco porta il creato sono della voce. Il quale sono anche che le labbra siano chiuse, spira per li anari del naso, ma non farà mai per tal transito dimostratore d'esse lettere...; e per tale esperienza si po' con certezza concludere, non la trachea creare alcuno sono di lettera vocale; ma il suo ufficio sol s'astende alla creazione della predetta voce, e massime nell'*a*, *o*, *u* » (*Quad. anat.*, IV, 10 r).

E quasi al termine di tanta fatica, innanzi a cosí meravigliose scoperte, alla mirabile composizione dell'uomo, l'artista scienziato ha uno slancio lirico, ridiventa poeta come sempre.

« E tu, omo, che consideri in questa mia fatica l'opere mirabili della natura, se giudicherai cosa nefanda il distruggerla, or pensa esser cosa nefandissima il torre la vita all'omo; del quale, se questa sua composizione ti parrà di meraviglioso artifizio,

pensa questa esser nulla rispetto all'anima che in tale architettura abita; e veramente quale ella si sia, ella è cosa divina; sicché lasciala abitare nella sua opera a suo beneplacito, e non volere che la tua ira o malvagità distrugga una tanta vita, che veramente, chi non la stima, non la merita. »

CAPITOLO XIII

LA PROSA DI LEONARDO "OMO SANZA LETTERE"

La prosa volgare di Leonardo. Favole, profezie, facezie. Leonardo fu anche poeta? La filosofia naturale di Leonardo.

«NEL movimento della cultura classica, che piú che ravvivare si voleva rivivere, non pareva rimanesse ormai posto per la lingua italiana: sí che la sua evoluzione si operava piuttosto per le bocche dei parlanti che per le penne degli scriventi; o, se mai, sono scritture private, carteggi, diari lontani da qualsivoglia intendimento letterario. Alla prosa di Leonardo giovò il completo abbandono di se medesimo alle impressioni della realtà: il pensiero di lui veste le forme che gli appartengono senza che nulla di addizionale gli si sovrapponga e per ciò queste forme rappresentano il naturale della lingua e dello stile in quel momento storico: ciò che lingua e stile senza la oppilazione umanistica sarebbero ai tempi di Leonardo. Anticipa la maturità della prosa al di qua del Cinquecento quando saranno sfiorite le magnificenze della prosa umanistica, anticipa lo scrittore che Galileo volle e seppe essere.»

Nessuno meglio di Isidoro Del Lungo, finissimo conoscitore della lingua toscana ed italiana, ha cosí saputo dire, in poche parole, della prosa di Leonardo e coglierne i caratteri essenziali. Giudizio che trova la sua piena conferma nei molti brani dei mss. vinciani che abbiamo già avuto modo di citare. Poche altre cose dovremo aggiungere, che a bella posta abbiamo voluto tenere divise e riserbare per ultimo, separate da ogni altro elemento che potesse distrarre il lettore, per rappresentare Leonardo scrittore, benché Egli amasse chiamarsi, "omo sanza lettere". Poche cose, ripetiamo; ché le antologie vinciane, italiane e straniere sono copiosissime. Citeremo soltanto, a titolo di onore, quella recente di Giuseppina Fumagalli, delle piú complete e con le preziose indicazioni delle fonti e sobri commenti.

Leonardo pur conoscendo quel tanto di latino indispensabile a tutti gli artisti dei suoi tempi — e ne fanno già testimonianza gli esercizi latini, le note di vocaboli inserite nei suoi mss. — ha scritto in volgare sempre. Ma la lingua ufficiale dei dotti e dei letterati era il latino; e se a Firenze si parlava correntemente greco, a Roma imperava il latino.

Solo l'Alberti, nel "Certame coronario" del 1441 in Firenze, aveva tentato invano di persuadere i dotti italiani a scrivere in italiano ossia, con parola che sa un po' di dispregio, in volgare. In conclusione poi le sue opere maggiori e certe le scrisse pur lui in latino. La prosa di Leonardo assume quindi, come ha ben rilevato il Del Lungo, da molteplici punti di vista una importanza straordinaria, sia per lo stile, sia per lo svolgimento del suo pensiero scientifico e quindi filosofico.

Ed io ritengo che pochi squarci della letteratura italiana eguaglino in potenza e in profondità di pensiero quello notissimo in cui viene definita la "forza", riportato in tutte le antologie, preso ad esempio da tutti gli stranieri, ed in cui non si sa se piú ammirare l'artista, lo scienziato o il poeta; ma che ora il lettore, se avrà avuto la pazienza di seguirci sin qui, dopo quanto abbiamo detto della dinamica vinciana, saprà, ci auguriamo, maggiormente apprezzare.

« Forza dico essere una virtú spirituale, una potenza invisibile, la quale per accidentale esterna violenza è causata dal moto e collocata e infusa nei corpi, i quali sono dal naturale uso retratti e piegati dando a quelli vita attiva di maravigliosa potenzia;

costrigne tutte le create cose a mutazione di forma e di sito, corre con furia alla sua desiderata morte e vassi diversificando mediante le cagioni. Tardità la fa grande e prestezza la fa debole; nascie per violenza e muore per libertà e quanto è maggiore piú presto si consuma. Scaccia con furia ciò che si oppone a sua disfazione; desidera vincere, occidere la sua cagione, il suo contrasto e, vincendo, se stessa occide; fassi piú potente dove truova maggior contrasto. Ogni cosa volentieri fuge la sua morte. Essendo costretta ogni cosa costrigne. Nessuna cosa senza lei si move. Il corpo dove nascie non cresce né in peso, né in forma » (*A*, 34 v).

Ed ecco Leonardo vantare la potenza dell'esperimento contro i facili censori che fondano la loro sapienza sugli autori.

« Sebbene, come loro, non sapessi allegare gli autori, molto maggiore e piú degnia cosa a leggere allegando la sperienza, maestra ai loro maestri. Costoro vanno sgonfiati e pomposi vestiti e ornati non delle loro, ma delle altrui fatiche; e le mie a me medesimo non conciedono; e se me inventore desprezzeranno, quanto maggiormente loro, non inventori ma trombetti e recitatori delle al-

trui opere, potranno essere biasimati » (*Atl.* 117 R b).

Citiamo ancora un delizioso proemio, forse a qualcuno dei suoi tanti pensati, ma non scritti o non ultimati libri.

« Vedendo io non potere pigliare materia di grande utilità e diletto, perché li omini innanti a me nati ànno preso per loro tutte l'utile necessarie teme, farò come colui il quale giugne l'ultimo alla fiera, e non potendo d'altro fornirsi, piglia tutte cose già da altri viste e non accettate ma rifiutate per la loro poco valetitudine. Io questa disprezzata e rifiutata mercanzia, rimanente de' molti compratori, metterò sopra la mia debole soma, e con quella, non per le grosse città, ma povere ville andrò distribuendo, pigliando tal premio, qual merita la cosa da me data » (*Atl.* 119 V a).

Stupenda la frase che conclude quasi tutte le osservazioni e le meraviglie della dinamica:

« O mirabile giustizia di te, Primo motore. Tu non hai voluto mancare a nessuna potenzia l'ordini e qualità de' sua necessari effetti » (*A*, 24 a).

Sono invero mirabili tutti i pensieri sulla cognizione scientifica e sulla scienza in sé. Citiamo il seguente passo.

« Dicono quella cognizione esser meccanica la quale è partorita dell'esperienzia, e quella esser scientifica che nasce e finisce nella mente, e quella essere semimeccanica che nasce dalla scienzia e finisce nella operazione mentale. Ma a me pare che quelle scienzie siano vane e piene di errori le quali non siano nate dall'esperienzia, madre di ogni certezza, o che non terminano in nota esperienzia, cioè che la loro origine, o mezzo, o fine non passa per nessuno dei cinque sensi. E se noi dubitiamo della certezza di ciascuna cosa che passa per li sensi, quanto maggiormente dobiamo noi dubitare delle cose ribelli a essi sensi, come dell'essenzia di Dio e dell'anima e simili, per le quali sempre si disputa e contende, e veramente accade che sempre, dove manca la ragione supplisce le grida, la qual cosa non accade nelle cose certe. Per questo che dove si grida non è vera scienzia, perché la verità ha un sol termine, il quale essendo publicato, il litigio resta in eterno distrutto, e s'esso litigio risurge è bugiarda e confusa scienzia, e non certezza rinata » (*Trattato della Pittura*).

Molte volte Leonardo copia o traduce dal latino teoremi, osservazioni di altri celebri autori, come già abbiamo piú volte avuto

occasione di notare per es. a proposito di Giordano e di Buridan. Ma la nuova veste è tutta propria, perspicua di Leonardo.

Per es. in questo proemio alla *Prospettiva* che, come ha rilevato il Baratta, è preso dalla *Prospettiva* di Giovanni Peckham:

« Infra li studi delle naturali considerazioni la luce diletta piú i contemplanti; in tralle cose grandi delle matematiche la certezza della dimostrazione innalza piú preclarmente l'ingegni delli investiganti; la prospettiva adunque è da esser preposta a tutte le tradizioni e discipline umane, ne 'l campo della quale la linia radiosa complicata dà e modi delle dimostrazioni in nella quale si trova la groria non tanto de la matematica quanto della fisica, ornata co' fiori dell'una e dell'altra; le sentenze della quale, distese con gran circuizioni, io le restrignerò in conclusiva brevità, intessendo, secondo il modo della materia, naturale e matematiche dimostrazioni, alcuna volta conchiudendo gli effetti per le cagioni, e alcuna volta le cagioni per li effetti, aggiungendo ancora alle mie conclusioni alcune che non sono in quelle, non di meno di quelle si traggano, come si degnerà il Signore, luce d'ogni cosa, illustrare me trata-

tore della luce, il quale partirò la presente opera in tre parti » (*Atl.* 203 R a).

Abbiamo detto che Leonardo ha attentamente studiato la fiamma. La descrive cosí:

« Il colore della fiamma azzurra non si move da sé, né ancor si move da sé il nutrimento della fiamma della candela; adunque tal moto è generato da altri e 'l moto d'esso generatore è l'aria, che con furore si move al riempiere di sé il vacuo, che di sé lasciò l'aria che dianzi fu dalla fiamma consumata. Il lume genera vacuo, e l'aria corre al soccorso di tal vacuo, e cosí successivamente seguita il veloce moto, percotendo e ripremendo la dilatazione di tal fiamma; la qual dilatazione nascie dalla esalazione del fumo che al continuo dentro alla fiamma si genera, il qual fumo, moltiplicando dentro a detta fiamma, quella vuol dilatare, e l'aria che al continuo di fori lo percote e lo respigne in dirieto, la viene a condensare, e tal condensazione fa la fiamma lucida e risplendente, e 'l fumo condensato spira per la parte superiore della fiamma e non ha esito per altro loco, perché in giú trova la materia che lo genera e da lati trova l'aria che lo percuote, e disopra trova la dilatazione dell'aria e per tale dilatazione il fumo ha un esito » (*Atl.* 270 V a).

Perché si sostiene l'uccello sopra l'aria nel suo volo?

« L'aria che con piú velocità di mobile è percossa, con maggior somma di se medesima si condensa. Questo si pruova perché mai il men denso corpo frussibile sosterrà sopra di sé il piú denso, come per esperienzia si vede l'ancudine notare sopra il bronzo fondato, e l'oro e l'argento liquefatto stare sotto la fusione del piombo; e per questo, essendo l'aria corpo atto a condensarsi in se medesimo, quando essa è percossa da moto di maggior velocità che non è quel della sua fuga, essa si prieme in se medesima, e si fa infra l'altra aria a similitudine del nuvolo, cioè di quella densità.

« Ma quando l'uccello si trova infra 'l vento, esso po' sostenersi sopra di quello sanza battere l'alie, perché quello offizio che fa l'alia contro all'alia, stando l'aria sanza moto, tal fa l'aria mossa contro all'alie, essendo quelle sanza moto » (*Atl.* 77 R b).

E finalmente trascriviamo quanto Egli ha pensato sulla preminenza della pittura sulle altre arti:

« Tal proporzione è dall'immaginazione all'effetto, qual' è dall'ombra al corpo ombroso, e la medesima proporzione è dalla poesia alla pittura, perché la poesia pon le

sue cose nell'immaginazione del lettore e la pittura le dà realmente fori dell'occhio, dal quale occhio riceve le similitudini non altrimente che sel fussino naturali, e la poesia le dà sanza essa similitudine, e non passano all'impressiva per la via della virtú visiva come la pittura.

« La pittura rappresenta al senso con piú verità e certezza le opere di natura, che non fanno le parole o le lettere, ma le lettere rappresentano con piú verità le parole, che non la pittura; ma diremo essere piú mirabile quella scienzia che rappresenta l'opera di natura, che quella che rappresenta l'opere dell'operatore, cioè l'opere degli uomini, che son le parole, com'è la poesia e simili che passano per la umana lingua » (*Trattato della Pittura*).

E questi brani, profondi per pensiero, limpidi e cristallini per lo stile, potrebbero moltiplicarsi. Ci auguriamo che i pochi saggi invoglino il lettore a leggerne e a meditarne tanti e tanti altri.

Un'altra serie di scritti riguardano le massime, le facezie, le profezie e le favole. E vien subito alla mente il nome di Esopo, le cui *Favole* immortali, precisamente una trentina, erano state tradotte dal greco in

latino da Lorenzo Valla alla metà del Quattrocento.

Leonardo cita Esopo e può credersi che lo abbia conosciuto. Anche L. B. Alberti compose in latino cento apologhi, tradotti poi nel Cinquecento in italiano da Cosimo Bartoli e stampati nel 1582; altri cento ne compose Bartolomeo Scala. Sono poi ben note le *Facezie* di Poggio Bracciolini che riflettono i costumi del tempo e dirette contro la vita non troppo castigata di alcuni ecclesiastici; di cui le gentildonne e le donzelle ridevano senza arrossire. Son ben altra cosa quelle di Leonardo, sempre corrette, meno una, quella dell'*Atl.* 358 V a, sempre a fondo morale, scientifico e naturalistico.

Delle massime abbiamo già dato cenno nei vari capitoli. Le favole sono poco piú di una quarantina, e non se ne conosce spesso la fonte; di esse scrive il Del Lungo: « Nelle allegorie la ingenua scienza descrittiva delle enciclopedie medievali è confermata imaginosamente talvolta colle parole testuali della fonte; il che non scema il valore di queste testimonianze del pensiero e della parola di Leonardo, perché questa e quello direttamente, o di riflesso, vi sí improntano e ne traspaiono. E gaiamente ac-

colgono il fantastico le profezie, con proprietà di parola luminosa, snellezza incisiva di frase ».

Per dar modo al lettore di giudicare, scegliamo, fra le molte, questa sulla noce e il campanile, su di un tema che sarà poi sfruttato da tanti poeti e novellieri.

« Trovandosi la noce essere dalla cornacchia portata sopra un alto campanile, e per una fessura, dove cadde, fu liberata dal mortale suo becco, pregò esso muro, per quella grazia che Dio li aveva dato dell'essere tanto eminente e magno e ricco di sí belle campane e di tanto onorevole sono, che la dovessi soccorrere; perché, poi che la non era potuta cadere sotto i verdi rami del suo vecchio padre, essere nella sua grassa terra, ricoperta delle sue cadenti foglie, che non la volessi lui abbandonare: imperò ch'ella trovandosi nel fiero becco della fiera cornacchia, ch'ella si botò, che, scampando da essa, voleva finire la vita sua 'a un picciolo buco. Alle quali parole, il muro, mosso a compassione, fu contento ricettarla nel loco ov'era caduta. E in fra poco tempo, la noce cominciò aprirsi, e mettere le radici infra le fessure delle pietre, e quelle allargare, e gittare i rami fori della sua caverna; e quegli in brieve levati sopra lo edifizio, e

ingrossate le ritorte radici, cominciò aprire i muri, e cacciare le antiche pietre de' loro vecchi lochi. Allora il muro tardi e indarno pianse la cagione del suo danno, e, in brieve aperto, rovinò gran parte delle sua membra » (*Atl.* 67 R a).

Un piccolo e meraviglioso capolavoro sulla ingratitudine, che fa ricordare, fra le altre, la deliziosa favoletta di Giovanni Meli, l'Esopo siciliano, sul sorcio e il riccio; il prosatore è poeta grande e di una limpidezza cristallina.

Il Sant'Ambrogio ha anche tentato una buona versificazione delle favolette vinciane.

Diamo per finire un fugace cenno, qualche saggio delle sue profezie e facezie, composte probabilmente come i rebus, per i trattenimenti alla corte sforzesca, ché Leonardo era dicitore insuperabile a detta di tutti coloro che lo conobbero. Ecco ad esempio la profezia dei segatori:

« Saranno molti che si moveran l'uno contra dell'altro, tenendo in mano il tagliente ferro; questi non si faranno infra loro altro nocimento che di stanchezza, perché quanto l'uno si caccerà innanzi, tanto l'altro si ritirerà indirieto. Ma trist'a chi si inframmet-

terà in mezzo, perché al fine rimarrà tagliato in pezzi» (*Atl.* 370 R a).

E l'altro de' morti che si vanno a sotterrare:

« I semplici popoli porteran gran quantità di lumi per far lume ne' viaggi a tutti quelli che integralmente han perso la virtú visiva. O umane sciocchezze, o vive pazzie! » (*Ibid.*).

Una delle piú significative è questa: « Quelli che saranno morti, dopo mille anni, fien quelli che daranno le spese a molti vivi » (*I*, 66 v).

Ha avuto Leonardo la esatta nozione di tutto ciò che le sue opere, le sue divinazioni avrebbero dato materia di studio ai posteri fino ai nostri giorni e piú in là?

Né vanno infine passate sotto silenzio le sue note (anzi al contrario) sugli animali, tratte dal *Fior di Virtú*, dal *Tesoro* di B. Latini, dall'*Acerba* e dalla *Storia Naturale* di Plinio, tutti certamente noti a Leonardo (*Bestiari medioevali*), da considerarsi o come note zoologiche, o spunti per trattenimenti di corte, oppure la espressione d'un pensiero filosofico-morale, o, come vuole il Bongioanni, espressione della "cosmicità in alto". Eccone un esempio. «Superbia. Il falcone, per la sua alterigia e superbia, vole signo-

reggiare e sopraffare li altri uccelli che son di rapina e sen desidera esser solo; e spesse volte s'è veduto il falcone assaltare l'aquila, regina delli uccelli » (*H*, 11 r).

Pensano alcuni (Morandi, Mazzoni) che Leonardo avesse anche l'idea di un vocabolario e di una grammatica della lingua italiana!

Quasi tutti i sommi artisti, specialmente quelli del Rinascimento, sono stati anche poeti e ci hanno lasciato saggi dei loro versi; ricordiamo Bramante e particolarmente Michelangelo le cui belle poesie furono criticamente pubblicate da C. Frey nel 1897 e piú volte anche di recente.

Leonardo fu anche poeta? Certamente in arte e in scienza fu un grandissimo poeta « senza mai aver scritto un verso », come ha scritto Papini. Abbiamo già detto che spesso nei manoscritti si trovano versi (per esempio i distici latini sul ritratto della Gallerani) ma non di mano di Leonardo, certamente non suoi e trascritti da qualche raccolta.

G. P. Lomazzo nel *Trattato dell'arte della pittura*, Milano, 1585, pagg. 282-283, attribuisce a Leonardo un sonetto forse trovato dal Melzi tra le carte di Leonardo e

che fu riprodotto dal Dufresne nella sua edizione del *Trattato della Pittura* fatta a Parigi nel 1651 e poi riprodotto dal Crescinbeni, dall'Amoretti, ecc., e si trova pure stampato tra i sonetti del Burchiello. Il sonetto è il seguente:

Chi non può quel che vuol, quel che può voglia;
Che quel che non si può, folle è volere:
Adunque saggio l'uomo è da tenere
Che da quel che non può suo voler toglia;
Però ch'ogni diletto nostro, e doglia
Sta in sí, e no, saper voler potere.
Adunque quel sol può, che è col dovere,
Né trae la ragion fuor di sua soglia.
Né sempre è da voler quel che l'uomo puote.
Spesso par dolce quel che torna amaro!
Piansi già quel ch'io volsi, poi ch'io l'ebbi.
Adunque tu, lettor di queste note,
Se a te vuoi esser buon, e agli altri caro,
Vogli sempre poter quel che tu debbi.

Le ricerche di Uzielli hanno assodato che tale sonetto si trova in un codice Palatino del secolo XV in cui è detto che l'autore è Messer Antonio di Matteo di Meglio, Araldo della Signoria, morto nel 1446. Se ne hanno traduzioni tedesche di Meyer, 1793; Riemer, 1826; Gries, 1829; Chlesser, 1856-59; Gustavo Droyseu, 1867.

È singolare che l'attribuzione a Leonardo venga anche affermata da Ippolito Taine e anche da altri moderni.

Nel *Codice Atlantico*, 78 V b, si trovano altre tre quartine con scrittura di Leonardo, tratte da massime della scuola Salernitana, che furono attribuite a Cecco Angiolieri ma che dovevano essere comunissime nei secoli XIV e XV. Tali massime sono le seguenti:

Se vôi star sano, osserva questa norma:
non mangiar sanza voglia e cena leve:
mastica bene, e quel che in te riceve
sia ben cotto e di semplice forma.
Chi medicina piglia, mal s'informa;
guarti dall'ira e fuggi l'aria greve;
su dritto sta, quando da mensa leve;
di mezzogiorno fa che tu non dorma.
El vin sia temprato, poco e spesso,
non for di pasto, né a stomaco voto;
non aspectar, né indugiare il cesso:
se fai esercizio sia di picciol moto.
Col ventre resupino e col capo depresso
non star, e sta coperto ben di notte;
el capo ti posa, e tien la mente lieta;
fuggi lussuria e attienti alla dieta.

Altri versi appariscono qua e là. Nel manoscritto *M*, 80 v, Leonardo scrive la seguente terzina:

El dolce fructo vago e sí diletto
Costrinse già filosafi cercare
Causa di noi per pascier lo 'ntelletto.

Ma con lievi varianti esso trovasi nell'opera manoscritta del Pacioli: *De viribus quantitatis.* Appartiene al Pacioli o a qualche altro rimatore!

Anche nel *Codice Atlantico* 371 R a, Leonardo scrive:

« Deh! Non m'aver a vil ch'io non son povero; povero è quel che assai cose desidera », e poi aggiunge: « Lionardo mio non avete... Oh, Lionardo, perché tanto penate? » Ma francamente non sapremmo proprio dire se si tratti di versi né se essi possano essere attribuiti a qualche momento doloroso della sua vita.

Il Govi afferma che in uno schizzo conservato alla Biblioteca del Re a Torino, si osserva un gruppo di farfalle svolazzanti intorno ad una fiamma, e che, dopo vari tentativi abortiti, si trova scritto:

Come cieca ignoranza ne conduce,
vedi, per lo splendor nel fuoco andiamo.

Ciò però non risulta dalle riproduzioni di tali disegni fatta dal Carlevaris nel 1888. Siano o no di Leonardo, ed il Mazzoni crede

che nessuno di tanti versi clandestini sia suo e che Egli non ne sia che il registratore, è sempre vero quanto stupendamente ha scritto G. Papini: « Fu profondo poeta e non ha scritto un verso ».

Nel 1887 Isacco Newton pubblicava l'opera celebre *Philosaphiae naturalis principia mathematica* che coronava il grandioso edificio meccanico ed astronomico già iniziato da Galileo, Kepler ed Huygens. Ben due secoli prima di Newton, Leonardo aveva fatto un tentativo di una filosofia naturale, che se nelle singole parti resta grandemente inferiore a quella newtoniana, soprattutto per ciò che riguarda lo sviluppo matematico, nel complesso è piú vasta, piú eclettica di quella newtoniana.

Da questo punto di vista Leonardo è filosofo e grandissimo filosofo. Per B. Croce, considerando il legame tra le scienze naturali e alcuni rami della filosofia, si deve ritenere Leonardo come promotore indiretto di queste, cioè della filosofia moderna. Ma non per questo, secondo Croce, si dovrebbe proclamare Leonardo filosofo. Tesi questa brillantemente combattuta dal Bongioanni. Leonardo, dice Giovanni Gentile, non è un filosofo di professione, né ha mai

scritto un trattato di filosofia, ma si interessò di problemi filosofici. Riteniamo col Bongioanni, che ha piú di tutti studiato Leonardo come pensatore, che Leonardo abbia fatto della buona e sana filosofia. E L. Ferri ha mostrato come il *Trattato della Pittura* investe tutti i problemi della estetica e rivela la vasta idea che si era formato dell'universo e il suo idealismo in quanto ha una concezione metafisica della natura, ove impera la necessità.

Leonardo pone l'esperienza sensibile a base della conoscenza, e in ciò sono quasi tutti d'accordo; intuisce il grande ufficio delle matematiche che sole possono dare la certezza; intende profondamente il principio di causalità; il metodo e il principio vero della ricerca scientifica, precedendo Bacone e Galileo. Il materiale dato dai sensi però deve essere elaborato dalla intelligenza, ossia l'esperienza dei sensi non basta; per cui, dice Gentile, esperienza sí, ma poi la ragione; i sensi sono terrestri e la ragione sta fuori di quelli quando contempla. E però Leonardo non è un empirista; e il passo seguente è esplicito:

« Ma prima farò alcuna esperienza avanti ch'io piú oltre proceda, perché mia intenzione è allegare prima l'esperienza e poi

colla ragione dimostrare perché tale esperienza è costretta in tal modo ad operare. E questa è la vera regola come li speculatori delli effetti naturali hanno a procedere, e ancora che la natura cominci dalla ragione e termini nella sperienzia, a noi bisogna seguitare in contrario, cioè cominciando, come di sopra dissi, dalla sperienza, e con quella investigare la ragione » (*E*, 55 r). Ed ancora:

« Nessun effetto è in natura senza ragione. Intendi la ragione e non ti bisogna speranzia » (*Atl.* 47 V a).

Il naturalismo teosofico di Leonardo, la realtà delle forme e quella universale, i lineamenti d'una teoria della intuizione sono brillantemente esaminati dal Bongioanni; e quanto all'aspetto religioso della sua filosofia si può altresí affermare che la sua dottrina esclude in modo assoluto che non sia stato un credente: lo fu sempre e anche in punto di morte.

Fu un grande filosofo senza aver mai scritto un libro di filosofia.

Il vecchio nocchiero, colla sua piccola e mal ferma navicella, ha condotto il cortese lettore in questo viaggio avventuroso dai lidi del vecchio e oscuro continente dell'arte

e della scienza medioevale, a quelli nuovi e lussureggianti del Rinascimento e dei tempi moderni in cui brilla il faro luminoso di Leonardo; ed ha finito il suo cómpito.

Ha saputo far rivivere la grande figura di Leonardo; ha potuto indagare la profondità del suo pensiero tutto moderno, descrivere le sue scoperte, le sue pitture, le sue divinazioni ed anticipazioni in ogni ramo della tecnica, in ogni scienza; tratteggiare l'Uomo e lo scienziato che, nel piú fosco periodo della storia italiana, colla sua opera titanica ha riscattato la patria dalle colpe dei governanti e le ha dato il piú grande e imperituro dei suoi monumenti insieme alla prova luminosa della potenza, della grandezza del suo genio e della stirpe? Giudicherà il lettore.

Ma non vogliamo infine tralasciare una osservazione.

Se le ricerche di Leonardo, almeno quelle teoriche, non furono conosciute dai suoi contemporanei e rimasero invece sepolte, coi suoi manoscritti, nel castello di Vaprio; oppure se tali carte abbiano attratto maggiormente l'attenzione degli artisti per la incomparabile bellezza dei suoi disegni; tutto ciò nulla toglie alla loro importanza ed al posto che esse occupano nella storia dello

sviluppo e del rinnovamento della meccanica come di ogni altra scienza. Se fossero state piú universalmente note, come lo furono quasi certamente alcune sue invenzioni e ingegnosi artifizi meccanici, esse avrebbero accelerato il progresso della scienza. Dopo piú di un secolo gli scienziati ritrovarono ciò che aveva trovato o divinato Leonardo e ricalcarono, con mezzi piú potenti e squisiti, la stessa via che Egli genialmente aveva indicato.

Ed è ciò che io mi sono sforzato di far risaltare da tutto questo lungo lavoro, augurandomi che esso possa fare altresí accrescere sempre piú il numero di coloro che anelano di accostarsi con riverente commozione alle opere di Leonardo, al *Corpus vincianum*, che, auspice il Governo Nazionale, è il grande monumento che l'Italia eleva al genio di uno dei piú grandi spiriti.

BIBLIOGRAFIA

ARREDI FILIPPO, *Avviamento alla critica del trattato del moto e misura dell'acqua di L. d. V.* « Annali dei Lavori Pubblici », anno 1932, fasc. 9°.

BARATTA MARIO, *Leonardo da Vinci ed i problemi della Terra.* Bocca, Torino 1903.

— *Curiosità Vinciane.* Bocca, Torino 1905.

BELTRAMI LUCA, *Documenti e memorie riguardanti la vita e le opere di L. da V. in ordine cronologico.* Milano 1919.

BONGIOANNI FAUSTO M., *Leonardo pensatore.* Piacenza 1933.

BOTTAZZI FILIPPO, *Saggi su L. da V.* « Archivio di Anatomia e di Embriologia ». s. VI. 1907.

— *Leonardo biologo e anatomico.* Confer. fiorentine. Milano 1910.

CALVI GIROLAMO, *I manoscritti di L. da V.* Pubblicazioni dell'Istituto Vinciano in Roma. Zanichelli, Bologna 1925.

— *Vita di Leonardo.* Morcelliana, 1936.

CANESTRINI GIOVANNI, *Leonardo da Vinci e i problemi della locomozione,* nel volume: « L'automobile ». Roma 1938.

CERMENATI MARIO, *Leonardo a Roma nel periodo Leoniano.* « Nuova Antologia », anno 54 (1915), pp. 103-123, 308-334.

DE LORENZO GIUSEPPE, *Leonardo da Vinci e la geologia.* Pubblicazioni dell'Istituto Vinciano in Roma. Zanichelli, Bologna 1920.

DE RINALDIS ALDO, *Storia dell'opera pittorica di L. da V.* Pubblicazioni dell'Istituto Vinciano in Roma. Zanichelli, Bologna 1926.

DE TONI G. BATTISTA, *Le piante e gli animali in L. da V.* Pubblicazioni dell'Istituto Vinciano in Roma. Zanichelli, Bologna 1922.

FAVARO GIUSEPPE, *Leonardo biologo.* « Enciclopedia italiana », vol. XX.

FELDHAUS F. M., *Leonardo Der Techniker und Erfinder.* Jena 1922.

— *Dic Technik der Vorzeit.* 1914.

— *Ruhmesblätter der Technik.* Leipzig 1924, 2 volumi.

FESTA NICOLA, *Umanesimo.* Nuova « Collezione Hoepli ». Milano 1935.

FUMAGALLI GIUSEPPINA, *Leonardo « omo sanza lettere ».* Sansoni, Firenze 1939.

GIACOMELLI RAFFAELE, *Gli scritti di L. da V. sul volo.* Bardi, Roma 1936.

GNOLI DOMENICO, *La Roma di Leon X*. Hoepli, Milano 1938.

GOVI GILBERTO, *Leonardo letterato e scienziato*. Nel: « Saggio delle opere ecc. », ripubblicato nell'opuscolo dedicato da Antonio Favaro a Gilberto Govi nei: « Vinciani d'Italia ». Maglione e Strini, Roma 1923.

LEONARDO DA VINCI, *I manoscritti di L. da V. dell'Istituto di Francia*, pubblicati e tradotti in francese da C. Ravaisson-Mollien, 1881-1831, e contrassegnati da G. B. Venturi colle lettere da A ad M.

— *Il codice di L. da V. della Biblioteca del Principe Trivulzio in Milano*, trascritto e annotato da Luca Beltrami. Milano 1891.

— *Codice sul volo degli uccelli e varie altre materie*, pubblicato da Teodoro Sabachnikoff. Trascrizioni e note di G. Piumati. Traduzione in lingua francese di C. Ravaisson-Mollien. Rouveyre, Parigi 1893.

— *Il Codice Atlantico* di L. da V. nella Biblioteca Ambrosiana di Milano. Hoepli, Milano 1894.

— *Dell'anatomia. Fogli A*. Della Reale Biblioteca di Windsor. Pubblicati da T. Sabachnikoff, trascritti e annotati da G. Piumati, con traduzione in lingua francese. Rouveyre, Parigi 1898.

— *Dell'anatomia. Fogli B*. Idem, 1898.

— *Il codice Leicester* in Holkham Hall, pubblicato da Girolamo Calvi. Cogliati, Milano 1909.

— *Quaderni d'anatomia*, della Royal Library di Windsor, pubblicati da Ove C. L. Vangsten, A. Fonhan e H. Hopstock, con traduzione inglese e tedesca. Volumi I-VI. Christiania 1911-1916.

— *Il Codice Arundel* 363 del British Museum. Pubblicato a cura della R. Commissione Vinciana in quattro tomi. Danesi, Roma 1923-1930.

— *Fogli mancanti al Codice sul volo degli uccelli* nella Biblioteca Reale di Torino, a cura di M. Enrico Carusi. Roma 1926.

— *Il Codice Forster* nel Victoria and Albert Museum, a cura della R. Commissione Vinciana. Cinque volumi della Serie Minore. Roma 1930-1936.

— *Il Codice A* dell'Istituto di Francia, a cura della R. Commissione Vinciana. Roma 1936.

— *Il Codice A*. (Complemento). Roma 1938.

— *Disegni* pubblicati dalla R. Commissione Vinciana a cura di A. Venturi. Quattro fascicoli, con 172 tavole di disegni dal 1472-1489. Roma 1928-1936.

— *Del moto e misura dell'acqua.* Libri nove ordinati da F. Luigi Maria Arconati editi sul « Codice archetipo Barberiniano » a cura di E. Carusi ed A. Favaro. Zanichelli, Bologna 1923.

— *Das Buch der Malerei,* nach dem « Codex Vaticanus (Urbinas) 1270 », herausgegeben übersetz und erläutert von H. Ludwig. In drei Bänden. Wien 1882.

MALAGUZZI-VALERI F., *La corte di Lodovico il Moro.* In quattro volumi. Hoepli, Milano 1913-1923.

— *Leonardo da V. e la scultura.* Zanichelli, Bologna 1922.

MANCINI GIROLAMO, *Vita di Leon Battista Alberti.* Seconda edizione. Firenze 1911.

MARCOLONGO ROBERTO, *Studi vinciani* (Arte e scienza di L. da V. - Le ricerche geometrico-meccaniche di L. da V. - La meccanica di L. da V. - Il trattato di L. da V. sulle trasformazioni dei solidi). Napoli 1936.

MC. MURRIC J. PLAYFAIR, *L. da V. the Anatomist.* Carnegie Institution, Baltimora 1930.

OLTROCCHI BALDASSARE, *Memorie storiche su la vita di L. da V.* a cura di S. Ritter. Roma 1925.

SOLMI EDMONDO, *Leonardo.* Quinta edizione stereotipa. Barbera, Firenze 1923.

— *Le fonti dei manoscritti di Leonardo da Vinci.* « Giornale storico della letteratura italiana ». Torino 1908.

— *Nuovi contributi alle fonti dei manoscritti di L. da V.* « Ibid. », T. 58. Torino 1911.

UZIELLI GUSTAVO, *Ricerche intorno a L. da V.* Prima serie, Firenze 1872. Seconda serie, Roma 1884.

VENTURI ADOLFO, *Leonardo da Vinci pittore.* Zanichelli, Bologna 1920.

VENTURI G. B., *Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de L. da V.* (1797). Riprodotto in « G. B. Venturi e la sua opera vinciana » di G. B. De Toni, Roma 1924.

VERGA ETTORE, *Bibliografia Vinciana* (1493-1930). Due Tomi. Bologna 1931.

INDICE DEI NOMI